

**INFLUENCIA DE ALGUNOS FACTORES CLIMATICOS EN LA PRODUCCION
DEL BANANO (MUSA AAA)**



**JULIO CESAR ABELLO JIMENEZ
TULIO HUMBERTO FARELO CAMARGO**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA, D.T.C.H.**

1998

FA
00480 - I.A.
13/1

**INFLUENCIA DE ALGUNOS FACTORES CLIMATICOS EN LA PRODUCCION
DEL BANANO (MUSA AAA)**

JULIO CESAR ABELLO JIMENEZ
TULIO HUMBERTO FARELO CAMARGO

**Trabajo de memoria de grado presentado como requisito
parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo**

DIRECTOR
HUMBERTO DIAZ CRIOLLO
Ingeniero Agrícola

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA, D.T.C.H.

1998

024835

Nota de Aceptación: _____

ANTONIO RODRIGUEZ I.A. Esp. F. T.
Jurado

JAIME SILVA BERNIER I.A Esp. C. A.
Jurado

HUMBERTO DIAZ CRIOLLO

Director

“Los jurados examinadores de la memoria de grado, no se harán responsables de los conceptos y juicios emitidos por los aspirantes al título”.

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	4
2. MATERIALES Y METODOS	15
2.1 DESCRIPCION DEL AREA	15
2.1.1 Localización del ensayo	15
2.1.2 Características generales del área.	15
2.1.3 Clima.	17
2.1.4 Zonas de vida.	17
2.1.5 Epocas lluviosas.	18
2.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.2.1 Determinación de las muestras.	19
2.2.2 Estaciones para toma de datos climatológicos.	22

2.2.3 Sistema de medida de la producción.	25
2.3 EVALUACION DE LOS PARAMETROS	25
2.3.1 Parámetros del clima	25
2.3.1.1 Evaporación.	25
2.3.1.2 Humedad relativa.	31
2.3.1.3 Temperatura.	36
2.3.1.4 Velocidad del viento.	40
2.3.1.5 Radiación solar.	45
2.3.2 Parámetro de producción	49
2.3.2.1 Récord de producción.	49
2.3.2.2 Producción optima.	49
2.4 ANALISIS DE DATOS.	51
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1 INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN A PRODUCCIÓN.	54
3.2 VARIACION DE LOS FACTORES CLIMATICOS.	61

3.2.1 Evaporación.	61
3.2.2 Humedad relativa.	63
3.2.3 Temperatura.	64
3.2.4 Velocidad del viento.	65
3.2.5 Radiación solar.	66
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS	79

LISTA DE TABLAS

	Pag.
TABLA 1. VALORES DE EVAPORACION REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN "NEERLANDIA".(mm). Trece periodos del año (De enero a diciembre).	29
TABLA 2. VALORES DE LA EVAPORACION REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "Y".(mm). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	30
TABLA 3. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "NEERLANDIA".(%). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	34
TABLA 4. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "Y".(%). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	35
TABLA 5. VALORES DE TEMPERATURA REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "NEERLANDIA".(°C). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	38
TABLA 6. VALORES DE TEMPERATURA REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "Y".(°C). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	39
TABLA 7. VALORES DE VELOCIDAD DEL VIENTO REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "NEERLANDIA".(m/s). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	43
TABLA 8. VALORES DE VELOCIDAD DEL VIENTO REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "Y".(m/s). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	44
TABLA 9. VALORES DE LA RADIACIÓN SOLAR REGISTRADOS EN LA ESTACION "NEERLANDIA". (Mj/m ²). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	47
TABLA 10. VALORES DE LA RADIACIÓN SOLAR REGISTRADOS EN LA ESTACION LA "Y". (Mj/m ²). Trece periodos del año (de enero a diciembre).	48

TABLA 11. VALORES DE PRODUCCION PROMEDIA REGISTRADAS EN 50
EL DISTRITO DE LA AGUJA. (Kg/Ha). Trece periodos del año (de
enero a diciembre).

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1. MAPA DE LA UBICACIÓN DEL DISTRITO DE LA AGUJA.	16
FIGURA 2. MAPA DE LA UBICACIÓN DE LAS FINCAS SELECCIONADAS, DE LAS ESTACIONES LA "Y" Y "NEERLANDIA".	20
FIGURA 3. MAPA DE ALGUNAS FINCAS SELECCIONADAS.	21
FIGURA 4. PLANO DE LA FINCA "NEERLANDIA".	23
FIGURA 5. PANA DE EVAPORACION CLASE "A".	26
FIGURA 6. PSICROMETRO DE AUGUST.	32
FIGURA 7. MODELO HMP 35 C PARA MEDIR LA TEMPERATURA, LA HUMEDAD RELATIVA Y LA RADIACION SOLAR.	33
FIGURA 8. ANEMOMETRO DE ROBINSON.	41
FIGURA 9. MODELO O3101-5 DE ANEMOMETRO.	42
FIGURA10. PIRHELIOMETRO DE COMPENSACION.	46

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. VALORES DE PRECIPITACION MAXIMA REGISTRADOS EN LA ESTACION "NEERLANDIA".(mm). Trece periodos del año (de enero a diciembre).
- ANEXO B. EFECTO DE LA RADIACION SOLAR SOBRE LA PRODUCCION.
- ANEXO C. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA PRODUCCION.
- ANEXO D. EFECTO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO SOBRE LA PRODUCCION.
- ANEXO E. EFECTO DE LA EVAPORACION SOBRE LA PRODUCCION.
- ANEXO F. EFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA SOBRE LA PRODUCCION.
- ANEXO G. EFECTO DE LOS TRECE PERIODOS DEL AÑO SOBRE LA PRODUCCION.
- ANEXO H. VARIACION DE LA PRODUCCION POR PERIODOS.
- ANEXO I. EFECTO DE LOS TRECE PERIODOS DEL AÑO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS Y LA PRODUCCION.
- ANEXO J. EFECTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS SOBRE LA PRODUCCION.
- ANEXO K. VARIACION DE LA PRODUCCION POR EPOCAS.
- ANEXO L. EFECTO DE LAS TRES EPOCAS DEL AÑO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS Y LA PRODUCCION.

- ANEXO LI. PRODUCCION RELATIVA DEL BANANO Vs EXCESO DE APLICACION DE AGUA.
- ANEXO M. EFECTO DE LA RADIACION SOLAR, TEMPERATURA DEL AIRE, VELOCIDAD DEL VIENTO Y EVAPORACION SOBRE LA HUMEDAD RELATIVA.
- ANEXO N. RENDIMIENTO DEL BANANO Vs TEMPERATURA.
- ANEXO O. ESCALA ADAPTADA DE BEAUFORT DE VELOCIDAD DEL VIENTO.
- ANEXO P. VALORES DE LA RADIACION AL TOPE DE LA ATMOSFERA EN MILIMETROS DE AGUA POR DIA.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo le agradecemos a Dios que nos lleno de Fé, paciencia y sabiduría para superar los obstáculos y permitirnos sacar adelante esta meta propuesta.

¡GRACIAS SEÑOR ;

Los autores del presente trabajo de investigación expresan sus más sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades, por la colaboración prestada, con la cual se sacó adelante esta investigación.

- Universidad de Magdalena, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica.
- A los profesores de la formación académica y profesional.
- A Tecnicas Baltime de Colombia S.A. Santa Marta. Magdalena.
- Humberto Díaz Criollo. Ingeniero Agrícola. Director de Memoria de Grado.

- Wilson Sotomonte. Ingeniero Agrícola. Director del departamento de Ingeniería de Técnicas Baltime de Colombia S.A.
- David Arteche. Administrador de Empresas Agropecuarias. Técnico de riego de Técnicas Baltime de Colombia S. A.
- Esmeira Barros. Secretaria de Técnicas Baltime de Colombia S.A.
- Carlos Panza. Ingenie Civil M.Sc en Estadística. Director del Post-Grado en Estadística Universidad del Atlántico
- Nelson Carvajal. Ingeniero Agrónomo. Coordinado del distrito de riego Prado Sevilla.
- Fernando González. Ingeniero Agrónomo.
- Jaime Silva Bernier. Ingeniero Agrónomo. Especialista en Ciencias Ambientales. Jurado de la presente investigación.
- Antonio Rodriguez Acosta. Ingeniero Agrónomo. Especiellista en Frutas Tropicales. Jurado de la presente Investigación.
- Al personal de Técnicas Baltime de Colombia S.A.

A todas aquellas personas y entidades que de una u otra manera nos colaboraron en la realización de la presente investigación.

DEDICATORIA

Si no te dedico esta tesis ahora.
Mi corazón se volverá contra mí.
Me atormentará día y noche.
Sintiéndose verdugo con azote.
Me cuesta tanto comprender al alma mía.
Por que te defiende todavía.
Por que mencionar a alguien que me roba la libertad.
Me alarga la pena y me tortura en soledad
Para que recordar a esa persona
Que me envenena el alma
A mi dolor abona
Y me turbia la calma
Que me tiene el corazón rasgado
Y sentenciado a morir condenado
Condenado a una muerte segura
Por que mis lagrimas son sangre pura
Ahora el triunfo es tuyo
Pero no creas que como cobarde huyo
Aquí estoy firme y e frente
Dedicando esta tesis a una querida amiga
Para evitar caer en los brazos de la muerte
Y cubriendo con suaves versos la sangre de una herida.

JULIO CESAR ABELLO JIMENEZ

DEDICATORIA

Dedico a:

- Dios por los favores recibidos.
- Mis padres **Ciro Farelo** y **Edelmira camargo** por brindarme amor, comprensión y su sacrificio durante mis estudios.
- Mis hermanos, por creer en mí.
- **Mi** Abuela, Tíos, primos en especial a **Viviana** por su comprensión y colaboración.
- A mi novia **Marta** por su apoyo y colaboración.
- Mis amigos **Fernando González**, **Luis Montenegro**, **Nelson Cuello**, **Alejandro Vargas**, **Ana Galvis**, **Alex Ramos**, **Juan Sambrano**, **Luis Castro**, **Frank Sanchez**, **Omar Garcia**, y todos los de la **Sociedad Portuaria** por brindarme su amistad, cariño y compañerismo.

TULIO FARELO CAMARGO

RESUMEN

El presente trabajo investigativo trata sobre la influencia que ejercen algunos factores climáticos en la producción del cultivo del banano (Musa AAA) , pero dada su magnitud y alcance éstas son consideradas en conjunto y cada una en detalle.

La humedad relativa y la precipitación son los factores climáticos que ejercen una marcada influencia sobre la producción, dividiendo el año en dos épocas una seca y otra lluviosa, debido a que sobre ella influyen factores climáticos como evaporación, temperatura, velocidad del viento y radiación solar, se puede considerar que la época lluviosa se divide a su vez en cálida y caliente por lo tanto se tendrán 3 épocas de influencia climática.

Una época cálida y seca en los primeros periodos (de enero a abril) con producciones altas (mayores de 1000 Kg/ha), determinada por evaporaciones mayores de 5 mm promedio día, humedad relativa menor del 80 %, un promedio de máximas temperaturas menores o iguales que 34°C. y bajos rangos de velocidad del viento, menores a 5 m/s. y con radiaciones solares mayores de 12 Mj/m^2 (285 cal/cm^2) y menores de 25 Mj/m^2 (600 cal/cm^2).

Otra caliente y lluviosa con producciones bajas (menores de 900 Kg/ha) , determinadas

por evaporaciones menores o iguales que 4 mm. promedio día, rangos de humedad relativa mayores que 84% y menores o iguales que 87%, un promedio de máximas temperaturas mayores que 37 °C, promedio de vientos fuertes mayores o iguales que 11.25m/s. y con radiaciones solares menores que 12Mj/m² (285 cal/cm²). (entre septiembre y agosto)

Además se encuentran periodos de producciones intermedias (entre 900 Kg/ha y 1000 Kg/ha), en la época cálida y lluviosa , determinada por evaporaciones mayores de 4 mm y menores de 5 mm promedio día, humedad relativa menor o igual a 84%, mayor o igual a 80%, promedio de máxima temperatura entre 36°C y 37°C, bajos rangos de velocidad del viento menores o iguales a 11.25 m/s y con radiaciones solares menores de 12 MJ/m² (285 cal/cm²) ; en mayo , junio y de septiembre a diciembre.



INTRODUCCION

X La Zona Bananera del Magdalena ha sido por excelencia una de las regiones con un alto potencial agrícola. El cultivo de banano constituye en la actualidad una explotación de gran valor económico y social, de ahí la importancia de que cada día, se mejoren los sistemas de producción, necesitándose en este sentido actualizar los métodos de manejo de las interacciones entre el clon y los componentes del medio en el cual se desarrollan. Para la selección de un método o métodos de manejo agroclimático se debe partir de la base de un buen conocimiento de la influencia que ejercen algunos factores climáticos en la producción del banano, de lo contrario se pueden obtener resultados adversos al buscado con los prejuicios económicos que esto conlleva.

Temperaturas altas provocan el cierre de los estomas, y reduce la fotosíntesis. Temperaturas bajas retrasan el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes.

Durante periodos largos de sequía, la excesiva evaporación provoca una rápida deshidratación de las hojas, marchites de las vainas y ruptura delseudotallo, ayudada, claro está por condiciones adversas de humedad relativa, radiación solar y temperatura.

El viento es un factor de producción muy importante, las pérdidas de cosecha pueden estimarse entre el 20 y 30% de la cosecha total del año, por volcamiento de las plantas.

Actualmente se están realizando algunas investigaciones relacionadas con las condiciones climáticas requeridas para un buen desarrollo de las plantaciones bananeras, con el propósito, no solo de precisar los límites entre los cuales el cultivo de banano puede soportar la variación de determinados factores climáticos, si no para incrementar la productividad.

Estas son preguntas a las que se les busca una respuesta a través de la agroclimatología. El objeto de esta disciplina es poner la ciencia meteorológica al servicio de la agricultura a través del estudio de la relación del tiempo con la cosecha, las enfermedades y las plagas de los cultivos, también estudia la influencia de los factores y elementos del clima sobre la fenología de los cultivos; así como el control eficiente de los años que puedan producir algunos fenómenos meteorológicos. Una de las principales actividades de la agroclimatología es la búsqueda permanente de las relaciones entre clima y el rendimiento de los cultivos, problema tan complejo que las respuestas encontradas representan solamente aproximaciones y resultados cuyas aplicaciones, en la mayoría de los casos son posibles a nivel local únicamente.

Atendiendo a todo lo anterior y primordialmente la importancia económica que actualmente ha alcanzado el cultivo de banano en el mundo, se hace indispensable, el desarrollo de un manejo agroclimático en las diferentes zonas cultivadas con esta fruta.

Esto conduce a evaluar la influencia de la evaporación, humedad relativa, temperatura, vientos, radiación solar y sobre la producción de la región de "La Aguja" y compararlo, mediante bases técnicas con un sistema de producción eficiente; y sentar bases que

conlleven a mejorar el manejo agroclimático de la región y de otras regiones dedicadas a la explotación del renglón bananero.

1. ANTECEDENTES

✕ La productividad de las plantas dependen de la constitución genética y de las condiciones ambientales y ecológicas. Entendiéndose por medio ambiente “el complejo de factores que ejercen influencia sobre los organismos vivos y por ecología la parte de la biología que estudia las relaciones existentes entre los organismos y el medio ambiente en que viven”. Estos factores se dividen en climatológicos, edáficos y bióticos. (5)

Para que la planta proporcione los beneficios esperados se debe tener presente que tanto el rendimiento como la calidad del mismo, no depende únicamente de la latitud de la siembra y de las características genotípicas de una variedad o clon determinado, sino también de las interacciones entre el clon y los componentes del medio en el cual se desarrolla. (4)

En Colombia el banano es un cultivo que tiene no sólo una gran importancia estratégica dentro del sector rural, sino que ocupa un lugar destacado en el suministro urbano de alimentos. No obstante, es un cultivo bastante complejo especialmente en lo que a su producción se refiere, la cual está influenciada tanto por un gran número de sistemas de siembra como por una amplia gama de condiciones ecológicas (4).

✕ La intensidad de la transpiración varía con la temperatura y con el viento o con la humedad atmosférica, pero muy específicamente con la intensidad de la luz, pues parte de la energía captada (radiación) por la clorofila se emplea en producir la evaporación del agua en las

hojas. Este fenómeno va ligado a la fotosíntesis y es llamado clorovaporización, siendo entre diez y veinte veces más intensa que la transpiración realizada en la oscuridad (3).

La producción de las plantas es el resultado de los factores ambientales actuando sobre un proceso fotoquímico (la fotosíntesis). La energía radiante que no es usada en la fotosíntesis se transforma en energía calórica y se emplea para la evaporación del agua desde la planta en el proceso de la transpiración (5)

Las proteínas o enzimas pueden hacer parte de rutas metabólicas complejas que determinan características de resistencia o susceptibilidad a factores ambientales, que influyen sobre características de crecimiento, calidad, asimilación de nutrientes, síntesis o degradación de compuestos orgánicos complejos, etc. (21)

La interacción de crecimiento vegetativo, factores ambientales y hormonas, determinan el curso a seguir por la planta en cuanto a procesos fisiológicos se refiere, ya sea orientado hacia la formación de estructuras vegetativas o hacia la formación de flores. El aumento en el suministro de metabolitos al ápice vegetativo determina en alguna forma la inducción floral. En el momento en que ocurra está controlado por factores genéticos que actúan en respuesta a un estímulo recibido del ambiente. (7).

La planificación y operación de la agricultura, requiere un conocimiento detallado de cada uno de los elementos que integran el clima de una región, para lograr una mayor y mejor producción (30).

Para que la explotación del cultivo sea la más rentable posible, se deben en primera instancia considerar, analizar y finalmente programar una serie de labores. Entre estas labores las relacionadas con el clima y el suelo, como temperatura, precipitación, textura, estructura, entre otras, que son inmodificables, y por lo tanto carentes de cualquier clase de control humano, para el cultivo. Las practicas a ejecutar pueden ser dirigidas tanto a la planta en si como al medio en el cual se desarrolla, de esta manera y de la acción directa o indirecta de una combinación posible de sus efectos, va a depender en esencia no solo la producción y rentabilidad del cultivo, sino también la vida útil de las plantaciones(4).

Desde el punto de vista morfológico, hay tres etapas que se presentan en el desarrollo de una planta de banano descritas así: la vegetativa, la floral y la fructificación; En esta última las condiciones climáticas juegan un papel fundamental en el desarrollo del fruto (14).

En el desarrollo de una planta de plátano; tres fases resultan evidentes: la vegetativa, la floral y la fructificación. Se presume por lo general, que la diferencia funcional entre las flores masculinas y las femeninas se establece en la iniciación o poco después, esto es, al comienzo mismo de la etapa II; quizá sea mejor pensar que la feminidad potencial (esto es, la facultad de convertirse en fruto) se determina en este momento, ya que Sumerville (36) demostró que el clima, durante la última parte de la etapa II, producía un marcado efecto sobre el número de frutos. Ciertamente, el tamaño del fruto se ve también afectado por los acontecimientos que ocurren durante la etapa II, por cuanto la sequía, las bajas temperaturas y la defoliación, tienden a reducirlo (36).

En estudios realizados con plátano (*Musa AB*) en Maracaibo, Venezuela, el racimo llegaba a su punto de cosecha después de 12 semanas (81 días), pudiendo variar este punto en el área, de acuerdo a las condiciones ambientales, sobre 12 más o menos una semana (22).

Algunos investigadores afirman que el número de frutos tiene correlación con las condiciones climáticas que imperen durante el desarrollo de las últimas tres o cuatro hojas, esto aproximadamente antes de un mes de que brote (37).

El número total de frutos en un racimo es directamente proporcional al número de manos; la relación se puede definir sencillamente por una ecuación de regresión. Pero hubo diferencias entre las seis regresiones, mostrando que la relación era afectado por el medio ambiente. (1).

El estado de la atmósfera afecta muchas de las fuentes de la contaminación, así por ejemplo, en un día nublado la radiación solar es poca y tiene una influencia directa sobre la producción y la cantidad de Smog. Así, mismo, el dióxido de azufre es mucho más corrosivo en un día húmedo que en día seco. La altura del contaminante depende también de la diferencia de temperatura entre el afluyente y el aire circulante (23)

✕ Antes de alcanzar la superficie terrestre la radiación solar sufre modificaciones cuantitativas y cualitativas en la atmósfera. Un análisis del balance energético de los cultivos muestra que la fotosíntesis en el estado actual de desarrollo agrícola solamente utiliza de 5 a 10% de la radiación líquida de onda corta, dependiendo de la planta, del

metabolismo fotosintético que ésta utilizado (C_3 , C_4 , CAM) y de las técnicas de cultivo empleadas (18)

✕ La disponibilidad de radiación solar necesaria para los procesos físicos y biológicos que ocurre a nivel del cultivo es dependiente en primer término del macroclima de la región, sin embargo, las propiedades del follaje tales como tamaño y disposición de las hojas, arquitectura de la planta, distancia de siembra y otras variables modifican los intercambios de radiación y por lo tanto los procesos de evaporación, calentamiento del aire, calentamiento del suelo y fotosíntesis. (12)

✕ En los meses de menor radiación solar, los racimos son de menor peso que en los meses en que la planta recibe una adecuada cantidad de radiación. La excesiva insolación ocasiona quemaduras en los racimos y en especial en los dedos expuestos, los cuales se decoloran apareciendo un tono pálido, además de que se acelera la maduración. Esta sintomatología es común encontrarla en las épocas de verano (29).

El número de unidades de producción por área, está determinada por las variaciones de mínimas a máximas que pueden darse bajo condiciones climáticas cambiantes de una región determinada. Periodos de alta nubosidad, baja temperatura y alta pluviosidad, hacen necesario disminuir la población, a fin de que la poca luminosidad existente pueda penetrar para excitar las yemas que darán origen a nuevos brotes. Por el contrario periodo de alta luminosidad, buenas condiciones de temperatura y humedad, permiten poblaciones mayores dentro de los límites máximos permisibles, sin causar daños de coordinación entre madres e hijos para las próximas generaciones. (8)

El crecimiento de la longitud del ovario para la formación del fruto depende de los factores climáticos y del manejo del cultivo, después de la salida de la bellota, hasta unos 50 días aproximadamente. El tiempo necesario para el desarrollo de la fruta es de 70 a 91 días (10 – 13 semanas). En áreas con temperaturas bajas y periodos largos de luminosidad el desarrollo puede tardar de 98 a 112 días (14 – 16 semanas) (2).

Soto (34) afirma que temperaturas altas provocan el cierre de los estomas, reducen la fotosíntesis y ocasionan el repliegue de los semilimbos hacia abajo, desde la banda pulvinar, reduciéndose así la exposición de la superficie inferior de la hoja (donde son de 3 a 5 veces más numerosos los estomas); disminuyendo el crecimiento. Temperaturas bajas retrasan el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes necesarios para una buena producción (34).

Se ha demostrado que la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividad de las encimas, etc. De los cuales dependen la producción de la materia seca. (5)

Para variedades enanas, el limite geográfico absoluto es más propiamente función de la frecuencia de las heladas nocturnas. Las variedades gigantes, con ciclos más largos, dificilmente producen racimos en las mismas condiciones y resisten prácticamente menos a las bajas temperaturas (29).

Los efectos de las bajas temperaturas, se manifiestan primero en la disminución del ritmo de emisión de hojas, fenómenos de clorosis y obstrucción foliar y/o floral; se reduce

notablemente el crecimiento de las vainas foliares y se disminuye la distancia entre los entrenudos, pudiendo incluso quedar retenidas en el interior del pseudotallo los extremos de varias vainas foliares. Si el fenómeno se produce en período de prefloración se obstruye la emergencia del racimo que tendrá que vencer la resistencia acumulada de todos los peciolo apretados. Se puede originar así fenómenos tales como torsión del verdadero tallo sobre sí mismo, y ruptura del pseudotallo por debajo del punto normal de emergencia; aún en los casos en que no hay obstrucción foliar la diferenciación floral en los meses de invierno conduce a la producción de racimos mal formados (15).

Un factor climatológico desfavorable, que debe tenerse en cuenta, es el frío (temperatura baja). En las latitudes subtropicales el crecimiento vegetativo de los plátanos se reduce mucho en invierno; producen menos hojas y su ritmo de brotación se retarda. En consecuencia si la reducción de la superficie foliar es bastante severa, los racimos, en realidad, pueden no “llenar” nunca lo suficiente como para tener valor comercial. Junto con un menor crecimiento vegetativo, la brotación se retrasa de 9 – 10 meses en las alturas menores de los trópicos; a 18 meses en las latitudes subtropicales o en las elevadas altitudes de los trópicos. (31).

El banano no se desarrolla en áreas donde la temperatura es inferior a los 15°C y donde la lluvia anual es inferior a 2000 mm; el hombre a fin de obtener rendimientos elevados en su cosecha sometió dicha planta a la selección, aumentó su eficiencia botánica y la expuso a los rigores climáticos que al acelerar el ciclo vegetativo hace que la planta crezca en condiciones que no es su medio natural. La planta resulta ser muy sensible a las

variaciones de temperatura, humedad, luminosidad y suelo, factores ecológicos que mayor preferencia tienen en el rendimiento de la cosecha. (34)

Los efectos del viento sobre los suelos y los daños que ocasionan al follaje se puede traducir en pérdidas considerables. Las barreras rompevientos han constituido una medida eficaz contra los vientos, por cada metro de altura de las barreras, se obtiene una protección de 20 metros de forma horizontal (35).

Los vientos de poca intensidad, hasta 20 – 30 km/h, ocasionan, frecuentemente, una aceleración importante de los limbos, lo que conlleva una suberización de los bordes de las “tiras de hojas” así producidas. Se origina con ello una pérdida de superficie foliar activa con los siguientes efectos perjudiciales que son difíciles de cuantificar. Señalemos, no obstante, que en los climas subtropicales, la laceración de los limbos e incluso la destrucción de algunas hojas si se produce en invierno, no parece ser perjudicial. De hecho una planta de platanera en los subtropicos puede producir un racimo de valor comercial con solo 4 – 6 hojas presentes en la fase floral (15).

Se sabe por experiencia general, que cuando un viento fuerte ha batido las plantas sin quebrarlas ni desgarrarlas, el sistema de las raíces puede haber sufrido un daño serio, cuyas consecuencias no serán evidentes hasta muchos meses después. Así Mabbs (1955) al descubrir los resultados de los ciclones en Queensland, observó que los racimos nacidos mucho después de la tempestades se desarrollaban a menudo muy pobremente, en Jamaica lo brotes de la enfermedad de Panamá tienden a ocurrir en platanales de “*Gros michel*” unos meses después del embate de un huracán. (31)

El viento es otro factor atmosférico de mucha importancia por sus efectos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Cuando es favorable puede modificar la temperatura y distribución de las lluvias, en caso contrario si efecto adverso es relacionado principalmente con los daños que puede ocasionarle a la planta, dependiendo de su intensidad y duración.

Los daños ocasionados por vientos de intensidad entre cuatro y seis de la escala Beaufort, se podrían considerar como parciales, puesto que afectan el área foliar, que incide directamente en el peso de los racimos y la calidad de los mismo, para cuyo llenado se requiere un nivel apropiado de superficie foliar activa entre siete y ocho metros cuadrados.

(4)

La zona bananera del Magdalena, es una región de singular privilegio. Muy difícilmente superable, tanto en lo ecológico, como en lo geográfico. No hay vientos constantes. El clima es seco, ardiente pero estable. Es clima productivo, por que todo el año es útil para el quehacer agrario, sin ninguna clase de interrupciones. De por sí su estratégico y aventajada ubicación frente al mar caribe y su puerto, son insustituibles privilegios de la naturaleza.(9)

El estado hídrico de la planta se considera, generalmente, como el segundo factor responsable del crecimiento, desarrollo y producción de la platanera, siendo particularmente importante cuando la temperatura media es mayor de 20°C. Debe destacarse el hecho de que la humedad relativa del aire no parece un handicap serio para el cultivo de la platanera, siempre que el riego sea adecuado (15).

Las plantas extraen el agua del suelo para formar tejidos y transpirar a través de la superficie vegetal, actúan como una bomba hidráulica. Las fuentes de energía para

producir esa succión son la radiación, temperatura, velocidad del viento, brillo solar, etc. Estos factores son responsables de la pérdida de humedad de los suelos y bajas producciones en las plantaciones de banano (6).

Los microelementos desempeñan un papel muy importante en la nutrición y producción de cultivos. El contenido de microelementos puede estar afectado por sequías prolongadas o excesos de humedad ya que determinan presencia de formas oxidadas, reducidas o inactivas que limitan la disponibilidad de los microelementos. Por ejemplo condiciones de sequía causa deficiencia de Mn y B; baja temperatura del suelo y suelo húmedo causa deficiencia de Mn y Fe (28)

Fundamentalmente, la producción de las cosechas consisten en los esfuerzos del hombre para utilizar un medio ambiente complejo, dinámico, para su beneficio económico y bienestar. El hombre, al producir las cosechas, está interesado principalmente en obtener y mantener un balance o equilibrio favorable entre los millones de variables que comprenden a las plantas y a su medio ambiente. Si un factor es más delimitante, especialmente en el caso de humedad y temperatura, se reducen gradualmente las oportunidades de obtener con éxito la producción de cosechas. La agricultura próspera depende de estas situaciones, de reconocer cuando las combinaciones de los factores climáticos son favorables o se pueden hacer favorables y cuando es seguro que puedan llevar al desastre. (24)

Para una óptima producción de banano se requiere que este cultivo disponga de un nivel adecuado de humedad en el suelo, de forma tal que la superficie cultivada cubra fácilmente la demanda que le impone el ambiente. Muchos factores intervienen en el proceso, en

esencia el suelo, la planta y el clima. En este último factores climáticos como radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento afectan la evotranspiración y con ella el movimiento del agua en el suelo, el déficit permisible de humedad y por último la producción (16)

La pérdida de agua por evapotranspiración puede variar entre 30 – 50 mm por día de acuerdo con el viento que sople, el grado de insolación y la humedad relativa existente, estas condiciones van a ser determinantes en la obtención de un mayor rendimiento o disminución en la población (33)

El propósito de la ciencia estadística es suministrar una base objetiva para el análisis de problemas en los que los datos se aportan de las leyes de la casualidad exacta es importante comprender sus principio, tanto para los investigadores científicos como para aquellos cuyos intereses residen en la aplicación de avances tecnológicos resulten de dichas investigaciones. Esto es especialmente cierto para las ciencias agrícolas y biológicas; en los estudios relacionados con la producción. (19)

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 DESCRIPCION DEL AREA

2.1.1 Localización del ensayo. El presente estudio se realizó en jurisdicción del distrito de la aguja, municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena, situado al norte de Colombia, el cual esta ubicado en la zona bananera del Magdalena entre los $74^{\circ}11'$ – $74^{\circ}13'$ longitud Oeste y $10^{\circ}54'$ – $11^{\circ}00'$ de latitud norte. Tiene una altura aproximada de 20 m.s.n.m.(ver mapa figura 1)

El distrito de la Aguja se encuentra enmarcado en los siguientes limites:

Por el Noreste con la cabecera del Municipio de Ciénaga.

Por el Este con las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Por el Oeste con la planicie inundable de la ciénaga Grande.

Por el Sur con Río Frío (17)

2.1.2 Características generales del área. El distrito en estudio presenta un área aproximada de 1078 hectáreas, cultivadas en banano variedad Cavendish (*Musa AAA*), la plantación se encuentra en producción con una edad promedio de 12 años. El relieve es plano con pendiente de 0 – 1%.

En el distrito de la Aguja se utiliza el término “Periodo” para hacer relación al tiempo transcurrido en el cultivo durante cuatro semanas.

Los suelos son permeables, con un Ph variable, que va de neutro o ligeramente básico, poseen un contenido normal de nitrógeno o potasio, alto contenido de fósforo (21)

2.1.3 Clima. Según las cartas ecológicas del IGAC, la zona en estudio se encuentra en el piso térmico cálido. La ubicación geográfica del área la situó en la zona climática tropical, con tendencia a presentar un período lluviosos de calmas coincidentes con el paso de I.T.C. (Intertrópico de convergencia) y otro menor con lluvias menos acentuadas. El clima se atempera por la Sierra, el Caribe y la cercanía a la depresión momposina. (15)

2.1.4 Zonas de vida. Bajo un criterio bioclimático de las cartas ecológicas del IGAC, el área en estudio se desarrolla entre zonas de vida bosque seco tropical (bs-T) y la transición cálida al bosque seco premontano (bs-PM) comprendido entre el bosque muy seco tropical (bms-T) y el bosque seco tropical (bs-T).

- Bosque seco tropical (bs-T): Ubicado desde el flanco de la Sierra, por lo general a alturas menores de 600 m hasta la planicie inundable y el norte de Río Frío donde se desarrolla la transición cálida del bosque seco premontano (bs-PM). Es un clima subhúmedo con temperaturas superiores a 24°C, con precipitaciones entre 500 y 1000 mm anuales, con una relación de la evapotranspiración potencial y la precipitación entre 1 y 2 (1: 2) indicando el déficit hídrico.

- **Bosque seco premontano transición cálida (bs-PM):** Ubicado en la planicie inundable de la ciénaga grande y en el sector norte de la población de Río Frío acercándose al flanco de la Sierra. Es un clima semiárido con temperaturas cercanas a 24°C, con precipitaciones cercanas a 1000 mm anuales y una relación de evapotranspiración potencial a precipitación cercana a 2 indicando un déficit hídrico (15).

2.1.5 Épocas lluviosas. La región presenta dos épocas lluviosas. La primera se inicia a mediados de Abril y finaliza en Junio ó sea comienza en el periodo 4 y finaliza al iniciarse el periodo 7; el segundo se inicia a mediados de Agosto y se extiende hasta finales de noviembre y comienzos de diciembre; ó sea parte del periodo 9 y finaliza al iniciarse el periodo 13.

La época seca se inicia en diciembre y termina en Marzo ó sea inicia en el periodo 13, y finaliza al iniciarse el periodo 4, en donde no supera el crítico de precipitación > 3 mm/día. Durante el primer periodo se registro aproximadamente el 36% del total anual de precipitación y en el segundo periodo el 64 %. La precipitación media anual en el sentido Norte – Sur es de 800 mm aproximadamente. Los valores promedios de precipitación oscilan entre 600 y 1100 con estación seca de 5 meses (29).(anexo A)

2.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se inició en el mes de Febrero de 1997 y finalizó en Abril de 1998. Durante este tiempo se llevó a cabo actividades que consistieron como primera medida en

recolectar la información de las instalaciones meteorológicas “Neerlandia” y “Arosevilla”, determinar las fincas a estudiar, el récord de producción que posee la región .

En segunda instancia en esta investigación se estudiaron ciertos parámetros climáticos indispensables los cuales se encuentran descritos más adelante para observar la medida de significancia con la producción. Dando las recomendaciones del caso que conlleven a mejorar la producción.

2.2.1 Determinación de las muestras. La muestra se constituyó con dieciocho (18) fincas, o sea el cincuenta por ciento (50%) de los productores de banano del distrito de la Aguja filiales de Técnicas Baltime S.A. durante los trece periodos (de enero a diciembre) de 1996 y 1997.(ver mapas figuras 2 y 3).

Fincas seleccionadas:

Lucia	76.7 Has
Siria 2	24.0 Has
Mangos	96.8 Has
Siria	76.9 Has
Envidia	14.0 Has
Chorro chinito	31.0 Has
La Lucy	50.0 Has
San Rafael	75.0 Has
Julia Carolina	55.5 Has
Pepilla	32.5 Has

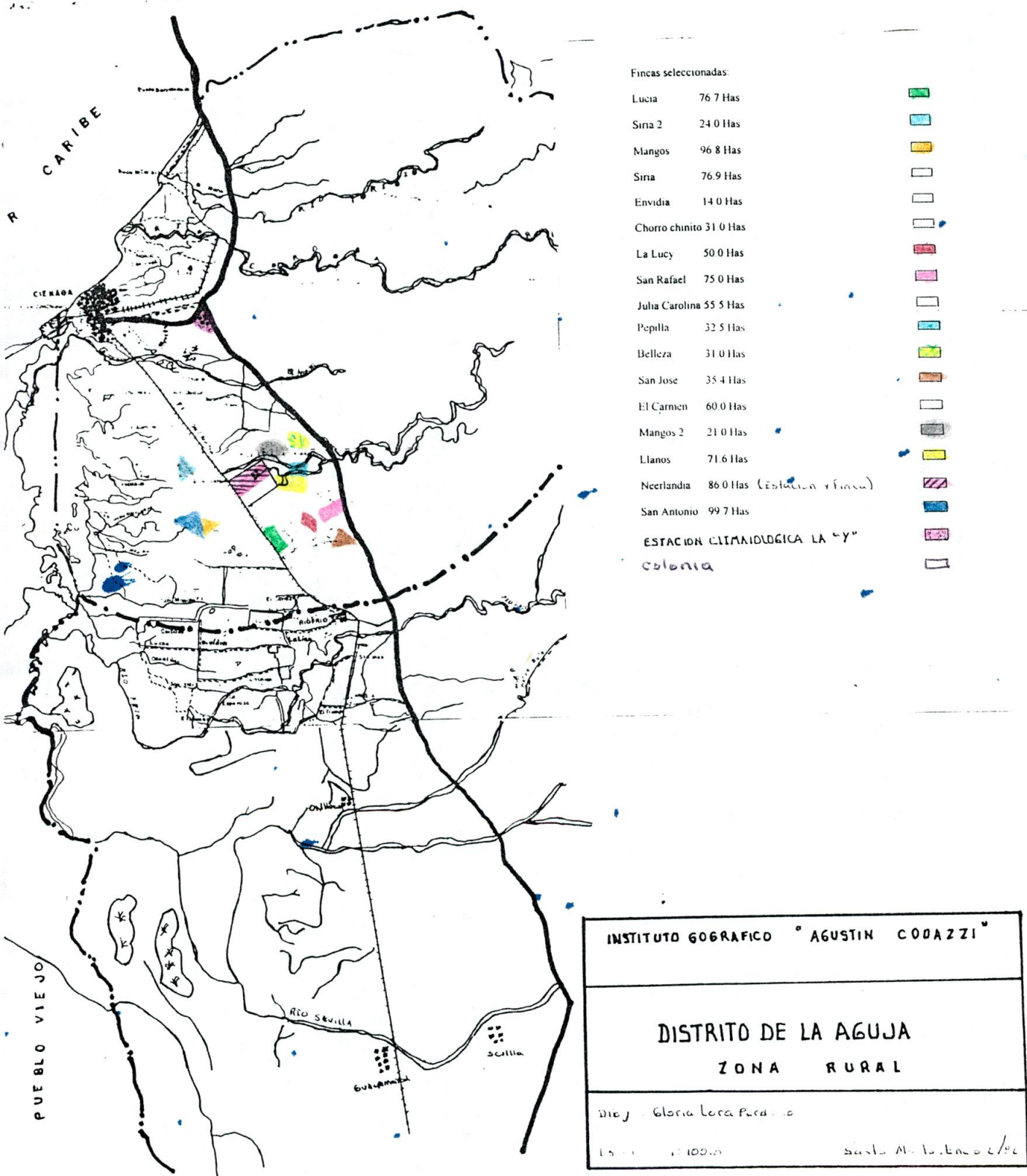
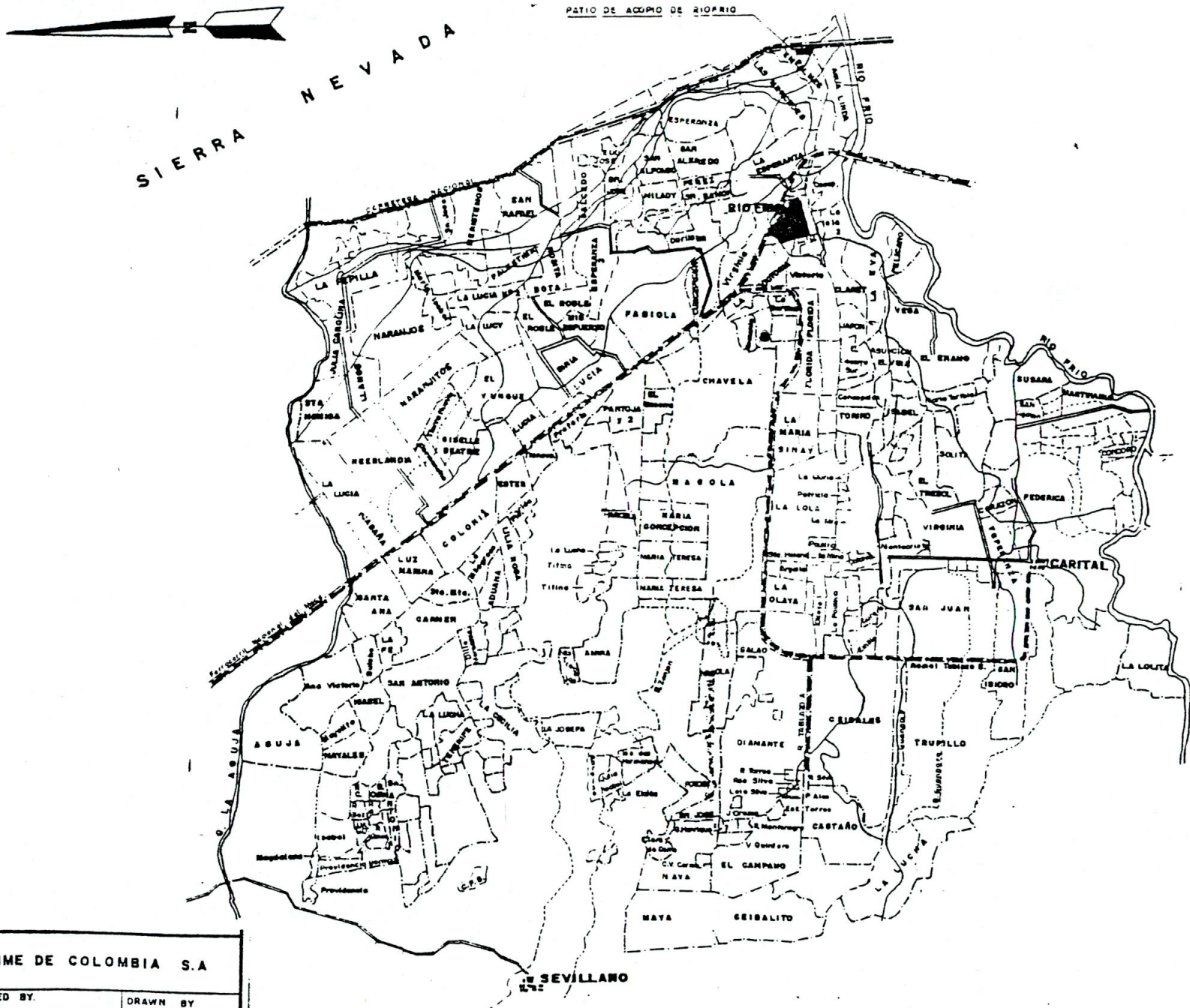


Fig. 2. Mapa de la ubicación de las fincas seleccionadas y de las estaciones La "Y" y "Neerlandia".

FIG. 3. Mapa de algunas fincas seleccionadas



TECNICAS BALTIME DE COLOMBIA S.A		
SCALE: 1 40 0000	APPROVED BY:	DRAWN BY
DATE: 11-VIII-98		A DIAZ V
ZONA DE RIOFRIO		
Rev. y Cdc		DRAWING NUMBER

Belleza	31.0 Has
San José	35.4 Has
El Carmen	60.0 Has
Mangos 2	21.0 Has
Llanos	71.6 Has
Neerlandia	86.0 Has
San Antonio	99.7 Has
Colonia	71.0 Has
Area total	1078.1 Has

2.2.2 Estaciones para toma de datos climatológicos. El distrito de la Aguja cuenta con las estaciones climatológicas de “Neerlandia”, propiedad de Agropecuarias San Gabriel S.A.; además con el servicio suministrado por las estaciones de la “Y” y el “Enano”, propiedad del Ministerio del Medio Ambiente (ver mapa figura 2).

Neerlandia a 71°11' Longitud Oeste y 10°50' Latitud Norte a una elevación de 20 m.s.n.m.(ver mapa figura 4), actualmente se encuentra con un área de influencia de 2000 hectáreas, instalada hace 3 años en la finca de su mismo nombre; esta estación es una de las más sistematizadas de Colombia, equipo de medida modernos dotados con bulbos electrónicos , registradores y simuladores conectados a un modulo de almacenamiento informático y con receptor portátil de información para llevarlo del campo al departamento de sistemas de Técnicas Baltime S.A. utilizando energía solar. Los valores arrojados son los más utilizados actualmente para el diseño de planes de manejo, son el promedio de las variables registrados a la misma hora durante 7 días.

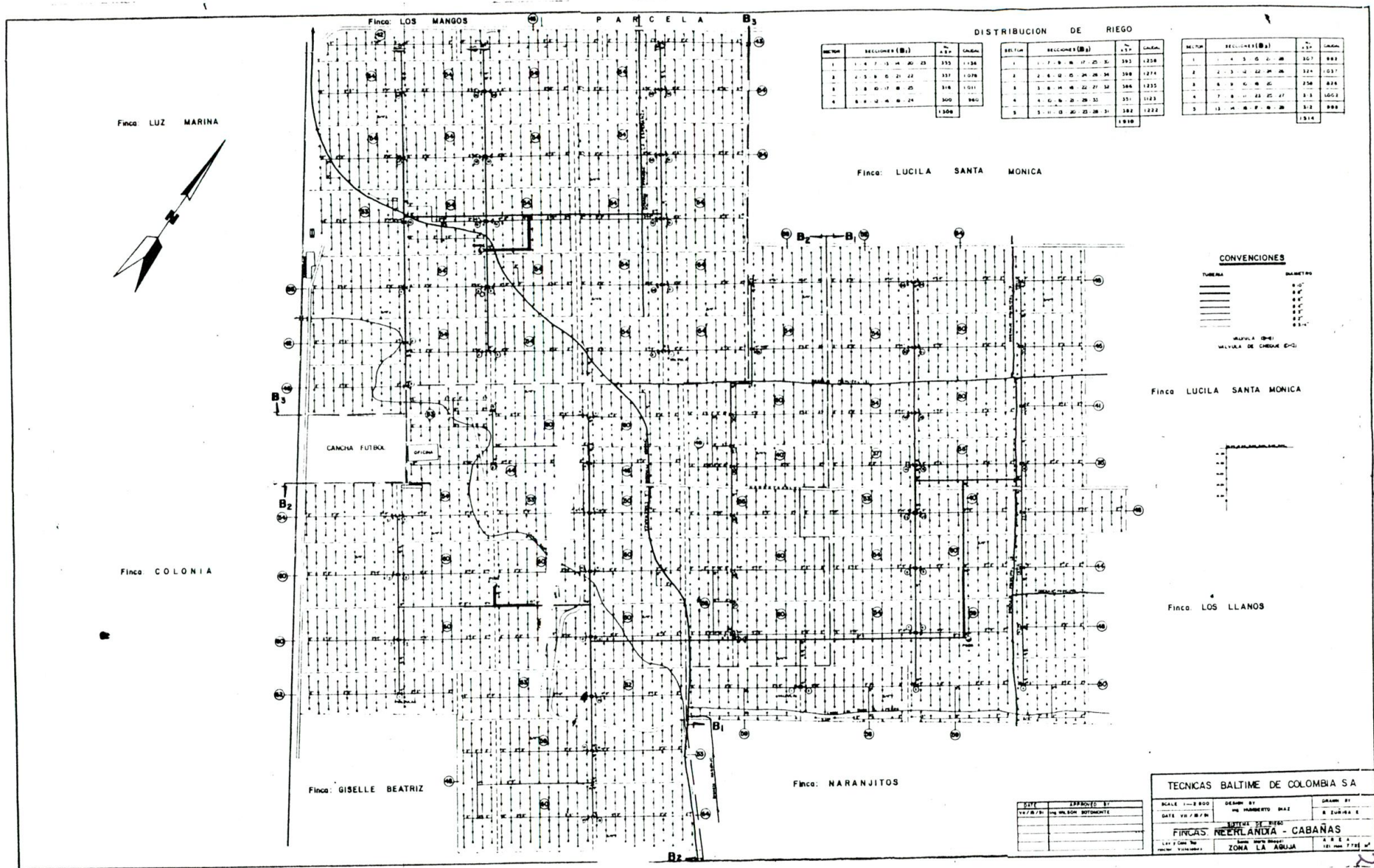


FIG. 4. Plano de la finca "Neerlandia".

Estación climatológica de la "Y" distanciada de Neerlandia 7 Km, en el perímetro superior de la Aguja a $11^{\circ}00'$ Latitud Norte y $74^{\circ}13'$ Longitud Oeste, a una elevación de 20 m sobre el nivel del mar; e instalado en 1967. Distanciada 5 km de Neerlandia está la estación el "Enano" en el perímetro inferior de la Aguja a los $10^{\circ}54'$ latitud Norte y $74^{\circ}11'$ Longitud Oeste a una elevación de 25 m.s.n.m. instalada en 1967. Los valores arrojados por esta última estación no varían significativamente con los suministrados por Neerlandia por tal razón en el presente trabajo de investigación solo se hará alusión a la estación climatológica de la "Y".

Estas estaciones conforman una red de registros y medición meteorológico en toda la zona bananera, llegando hasta el parque Tayrona, hacen parte de la I.D.E.A.M.

Desde hace aproximadamente 25 años son administrados por Asosevilla brindando su servicio en toda la Zona Bananera con una información muy acertada.

Cuentan con una pana de evaporación para medirla en mm, pirheliómetro de compensación que sirve para medir la intensidad y comportamiento de la radiación solar durante el día, un psicrómetro de August para registrar la humedad relativa, un pluviómetro para medir la precipitación, un termómetro de máxima y mínima para la temperatura y un anemógrafo para medir la velocidad del viento.

Después se realizaron las modificaciones necesarias con el fin de permitir ordenar la información por periodos que constituyen cada uno cuatro semanas y que son trece anuales.

2.2.3 Sistema de medida de la producción. La producción corresponde a los racimos cortados semanalmente en las 18 fincas seleccionadas del distrito de la Aguja, por el peso promedio-racimo de cada finca entre el hectareaaje recolectado.

2.3 EVALUACION DE LOS PARAMETROS

2.3.1 Parámetros del clima

2.3.1.1 Evaporación. La evaporación es el cambio de estado de líquido a gaseoso, que al referirse al agua en la naturaleza se sucede dos casos diferentes:

- Evaporación desde superficies libres de agua.
- Evaporación desde el terreno donde el agua no está totalmente libre y la evaporación a través de las plantas ósea agua transpirada, a este proceso combinado se ha llamado evapotranspiración.

Entre los métodos directos para determinar la evaporación están los tanques de evaporación o pana de evaporación clase “A”(figura 5). De 1.2 metros de diámetro y 25 centímetros de altura ; con tornillo micrométrico acoplado a un eje central, en el cuál por diferencias entre dos lecturas se determina la cantidad de agua evaporada. Se efectúan lecturas a las 07:00, 13:00 y 19:00 horas.

Este método es el más usado en las estaciones para toma de datos meteorológicos en el distrito de la Aguja.

1. Tornillo micrométrico
2. Eje central
3. Tanque
4. Desague
5. Base

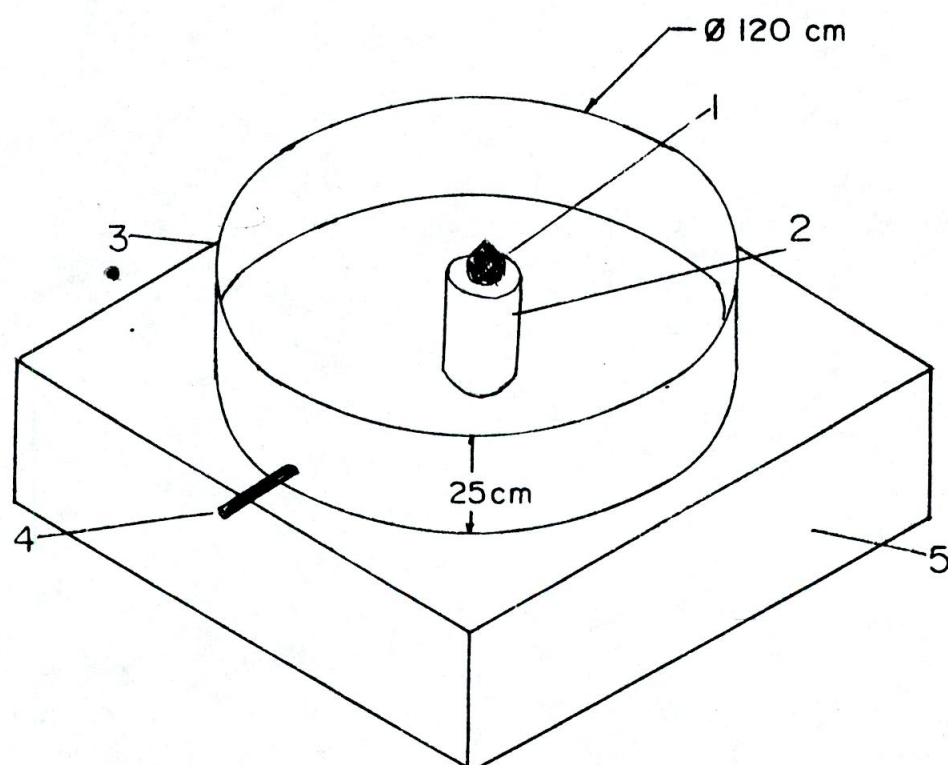


FIG. 5. Pana de evaporación clase "A"

Se reportan más de cien ecuaciones para estimar la evapotranspiración de los cultivos, las cuales han sido propuestas con diversos objetivos; algunas para clasificación de climas, otras para diseñar obras en los sistemas de riego y por último otras para programar los riegos y operar los sistemas. Todas ellas considerando diferentes factores del clima, así:

- Ecuaciones basadas en la temperatura media.
- Ecuaciones basadas en el déficit de saturación calculado con base en temperaturas medias.
- Ecuaciones basadas en balance energético.
- Ecuaciones basadas en evaporación medida.
- Ecuaciones basadas en combinación de factores

Como por ejemplo:

El método de radiación es propuesto por J. Doorembos y W. O. Pruitt especialista y consultor de la FAO respectivamente y se basa en radiación, temperatura, humedad relativa, vientos y altitud.

El método de Jensen y Harse, permite estimar la evapotranspiración del cultivo de referencia y se basa en la temperatura media y la radiación solar neta recibida.

El método de Christiansen y Grassi toma en cuenta factores como la radiación solar, temperatura media, diferencia de temperatura entre la media y la máxima diarios y nubosidad.

Además las de Penman, Blaney & Criddle, etc., para estimar evapotranspiración real o actual.

Existen diseñadas ecuaciones que nos permiten conocer la evapotranspiración actual estimada a partir de la evaporación de referencia (E_{tr}) la cual podemos obtener de la pana de evaporación y el coeficiente de cultivo o Cropfactor (CF), que varía principalmente con el tipo de cultivo, variedad, estado de desarrollo y grado de cobertura.

$$\hat{E}_a = E_{tr} \times CF$$

Los datos históricos registrados de Evaporación en la estación “Neerlandia” y la estación la “Y”, durante los años de 1996 – 1997 se encuentran descritos en la Tabla 1 y la Tabla 2 respectivamente.

TABLA 1. VALORES DE EVAPORACION REGISTRADOS EN LA ESTACION

“NEERLANDIA”. (mm). Trece periodos del año (de enero a diciembre).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	3.5	4.4
2	4.7	4.8
3	5.1	5.0
4	5.0	5.1
5	4.6	4.4
6	3.9	4.0
7	3.6	3.9
8	3.9	4.0
9	4.1	4.7
10	4.7	4.9
11	3.6	4.3
12	4.0	4.1
13	4.8	4.8

TABLA 2. VALORES DE EVAPORACION REGISTRADOS EN LA ESTACION “Y”.
(mm). Trece periodos del año (de enero a diciembre).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	4.8	4.9
2	5.4	5.4
3	5.5	5.2
4	5.6	6.25
5	5.1	6.1
6	4.9	5.9
7	4.9	5.4
8	4.9	5.2
9	5.1	6.0
10	5.4	5.6
11	5.1	5.3
12	5.1	5.3
13	5.1	5.8

2.3.1.2 Humedad relativa. La humedad que contiene el aire procede del agua evaporada de la superficie foliar terrestre e hídrica. La evaporación es mayor cuanto más elevada es la temperatura de la capa superficial del agua, velocidad del viento, radiación solar, entre otros factores. Para cada temperatura, el aire puede contener una cantidad máxima de vapor, cuando se llega a esa condición se dice que el aire está saturado.

Más importante que la humedad absoluta, es el cuantificar el poder evaporante de la atmósfera, es decir, la capacidad que tiene para almacenar vapor de agua y para ello se emplea la relación que existe entre el vapor de agua que contiene la atmósfera y el que tendría si estuviese saturado; esa relación dada en porcentaje es lo que se denomina humedad relativa.

Para la medición en la estación climática “Neerlandia” se utiliza el modelo HMP 35C de la Campbell Scientific, inc. Y las mediciones se realizan a la misma hora todos los días (figura 7). Los valores históricos obtenidos de humedad relativa en esta estación se encuentran registrados en la Tabla 3.

Para la estación la “Y” se utiliza el Psicrómetro de August que consta de dos termómetros corrientes, uno de los cuales tiene su bulbo recubierto por una muselina humedecida permanentemente. La humedad relativa se obtiene por diferencias de lecturas entre ambos termómetros y el uso de tablas psicrométricas ya elaboradas. Las mediciones se realizan diariamente (figura 6). Los valores de humedad relativa de la estación la “Y” de los años 1996 – 1997 se encuentran registrados en la Tabla 4.



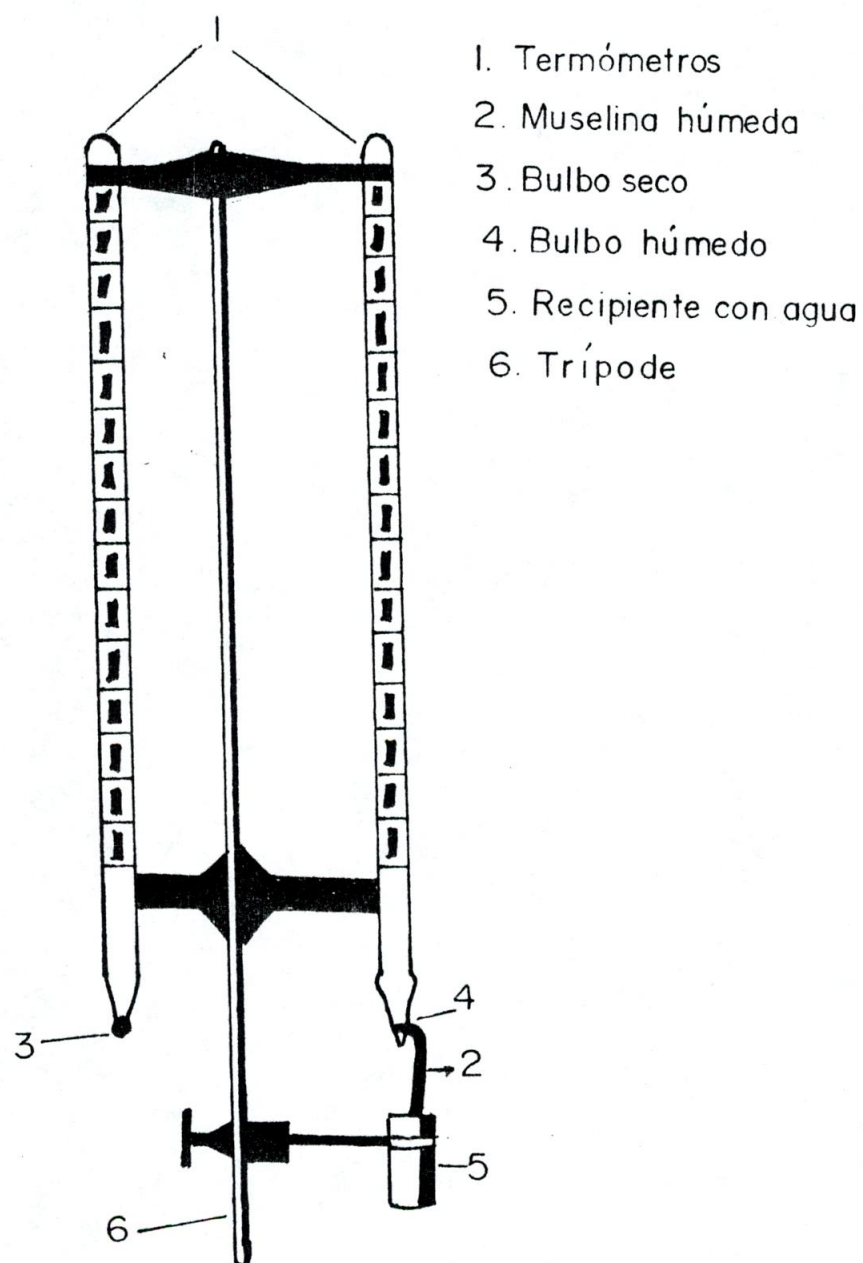
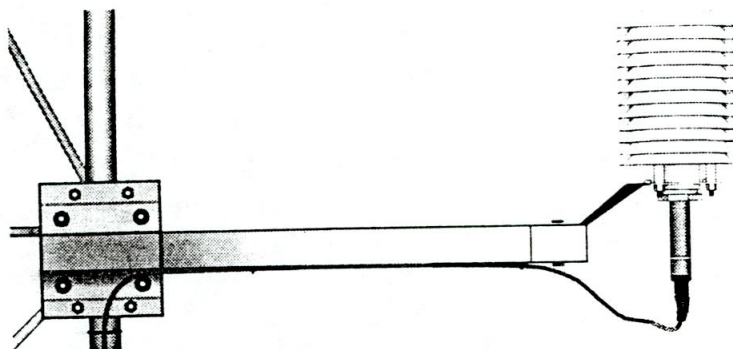
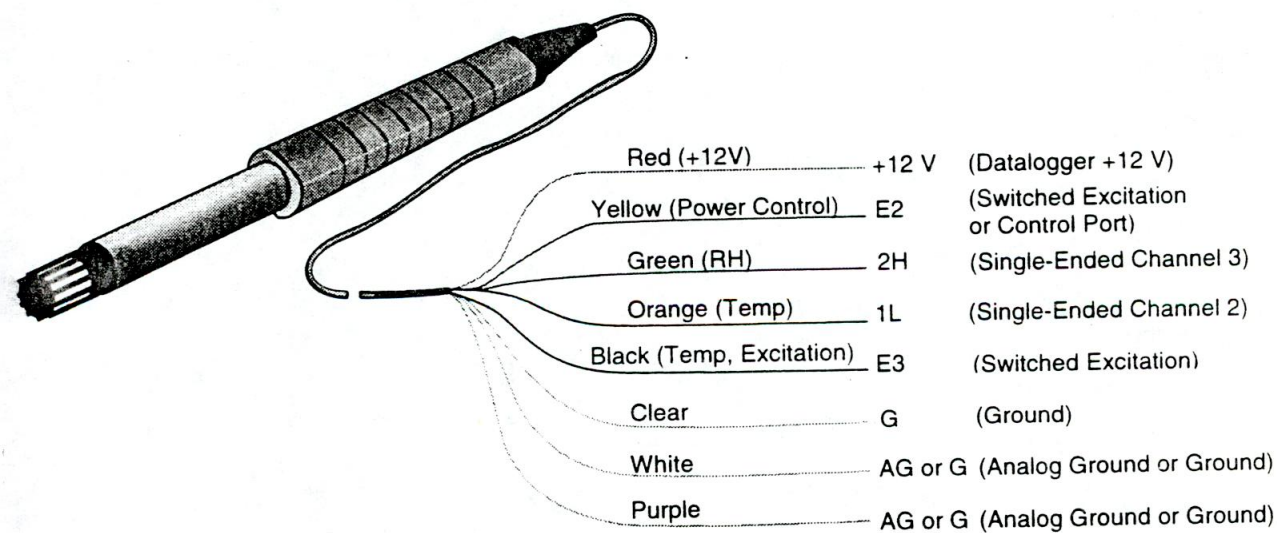


FIG. 6. Psicrómetro de August.

HMP35C TEMPERATURE AND RH PROBE



HMP35C with UT018 Mounting Bracket and Crossarm and UT12VA Radiation Shield Mounted on a UT3/UT930 Tower



HMP35C Probe Datalogger Connections

FIG. 7. Modelo HMP35C para medir la temperatura y la humedad relativa y la radiación solar.

TABLA 3. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA REGISTRADOS EN LA
ESTACION “NEERLANDIA”. (%). Trece periodos del año (de enero a diciembre).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	83.35	82.37
2	79.03	80.46
3	80.01	79.33
4	79.00	79.10
5	82.27	82.73
6	83.71	83.37
7	84.47	84.47
8	84.97	84.03
9	84.68	84.54
10	86.11	85.33
11	86.13	84.66
12	81.45	86.17
13	84.13	83.93

TABLA 4. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA REGISTRADOS EN LA ESTACION “Y”. (%). Trece periodos del año (de enero a diciembre).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	67.64	75.40
2	77.81	79.89
3	69.76	78.67
4	69.18	76.35
5	72.11	72.52
6	67.20	70.9
7	79.45	72.41
8	76.31	72.27
9	76.62	72.56
10	79.54	75.15
11	79.67	72.42
12	79.29	72.84
13	79.06	72.59

2.3.1.3 Temperatura. La radiación solar al llegar a la superficie terrestre se transforma en calor que a su vez es transmitido al interior ó sea a las capas más profundas como el agua del suelo y el aire.

En consecuencia se emplea el término temperatura para indicar la medición de calor. Esta medición se apoya en la dilatación que se produce en algunos cuerpos como el Mercurio el cual a temperaturas bajas se solidifica ($-38,5^{\circ}\text{C}$); el alcohol también se emplea para obviar la anterior dificultad, pero a su vez se evapora a temperaturas altas.

Para la medición agrícola se usa frecuentemente la escala centígrada o Celsius tiene en sus extremos el valor de cero, que es el punto de fusión y cien grados de ebullición del agua al nivel del mar; mediante termómetro que consiste en un recipiente que en un extremo tiene forma de bulbo, que se llena de una sustancia dilatante (mercurio, alcohol), comunicado por un tubo capilar por donde se mide la dilatación del mercurio al recibir calor; este recipiente está recubierto al vacío por una superficie en vidrio.

Para usos normales en agricultura se usan los termómetros de mercurio; para registrar las temperaturas máximas y mínimas, se emplea también el mercurio, en el primer caso, pero con un estrangulamiento en el cuello del bulbo para impedir que la columna descienda en la escala, las lecturas se hacen a las 19:00 horas.

En el caso de temperaturas mínimas, se emplea el de alcohol en un periodo de tiempo con un índice en el extremo de la columna que permanece fijo o deja una señal, cuando la

horas, estos métodos son usados por la estación la "Y". Los valores históricos registrados en esta estación para la temperatura en los años comprendidos entre 1996-1997 se encuentran descritos en la Tabla 6.

La estación meteorológica de "Neerlandia" usa el modelo HMP 35C de la Campbell Scientific, inc. Y realiza 24 mediciones al día (figura 7). Los datos de temperatura registrados por esta estación durante los años de 1996-1997 se encuentran consignados en la Tabla 5.

TABLA 5. VALORES DE TEMPERATURA REGISTRADOS EN LA ESTACION
 “NEERLANDIA”. (°C). Trece periodos del año (de enero a diciembre 1996 - 1997).

Periodo	1996					1997				
	Temp promedio	Temp máxima	Número de días	Temp mínima	Número de días	Temp promedio	Temp máxima	Número de días	Temp mínima	Número de días
1	26.44	37.0	13	19.0	1	26.44	35.82	1	19	1
2	26.96	34.0	1	19.4	1	27.19	34.83	10	19.92	1
3	27.5	34.4	1	19.0	1	27.70	34.73	13	19	1
4	27.98	34.71	1	19.5	1	28.19	34.98	14	20.9	1
5	28.19	37.0	16	20.0	1	28.52	38.76	20	22.0	1
6	28.28	37.27	15	22.0	1	28.5	38.54	14	22.0	1
7	27.01	36.61	1	21.0	1	27.01	36.51	1	21.0	1
8	28.47	37.77	5	21.0	1	29.0	40.01	21	21.7	1
9	26.96	37.35	3	21.46	1	28.45	38.19	16	21.7	1
10	26.99	37.39	10	21.0	1	27.64	38.71	12	20.8	1
11	26.85	36.51	5	20.98	1	27.9	37.97	14	21.69	1
12	26.61	36.57	3	18.99	1	27.43	37.27	7	21	1
13	26.7	37.13	3	19.58	1	27.64	37.06	8	20.2	1

TABLA 6. VALORES DE TEMPERATURA PROMEDIO REGISTRADOS EN LA ESTACION "Y". (°C). Trece periodos del año (de enero a diciembre 1996 - 1997).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	29.2	28.74
2	29.5	27.95
3	28.38	28.18
4	29.02	28.44
5	29.30	29.68
6	28.59	29.80
7	27.98	30.07
8	29.51	30.54
9	28.56	30.04
10	28.35	29.96
11	27.80	29.36
12	28.08	29.95
13	28.27	29.85

2.3.1.4 Velocidad del viento. Por los cambios en la velocidad del viento debido a diferentes causas, entre ellas el calentamiento diferencial de las masas de aire, se remueve la humedad contenida en la atmósfera. Cuando es favorable puede modificar la temperatura y distribución de las lluvias. Aunque es un factor muy importante en la pérdida de humedad en el suelo y en la superficie vegetal, desafortunadamente en el país, los registros confiables de velocidad del viento se encuentran casi exclusivamente en los aeropuertos; muchas fórmulas para calcular la evapotranspiración presentan limitantes para su aplicación por falta de estos datos.

La velocidad del viento es decir el aire en movimiento se expresa en metros por segundo, kilómetros por hora y en países de habla inglesa en millas por hora y en nudos.

El anemómetro clásico está compuesto por un molinete de cabezuela que gira accionado por el viento; mediante un eje acoplado a unos manómetros se miden las revoluciones para ser transformados posteriormente a distancia y velocidad.

La velocidad del viento la registran en la estación la “Y”, diariamente a las 07:00 horas (figura 8). Los datos históricos registrados en los años de 1996-1997 se encuentran descritos en la Tabla 8.

En la estación climatológica “Neerlandia” se usa el modelo 03101 ⁵ de la Cambell Scientific, Inc. Para medir la velocidad del viento a la misma hora todos los días (figura 9). Los registros de los años 1996-1997 se encuentran en la Tabla 7.

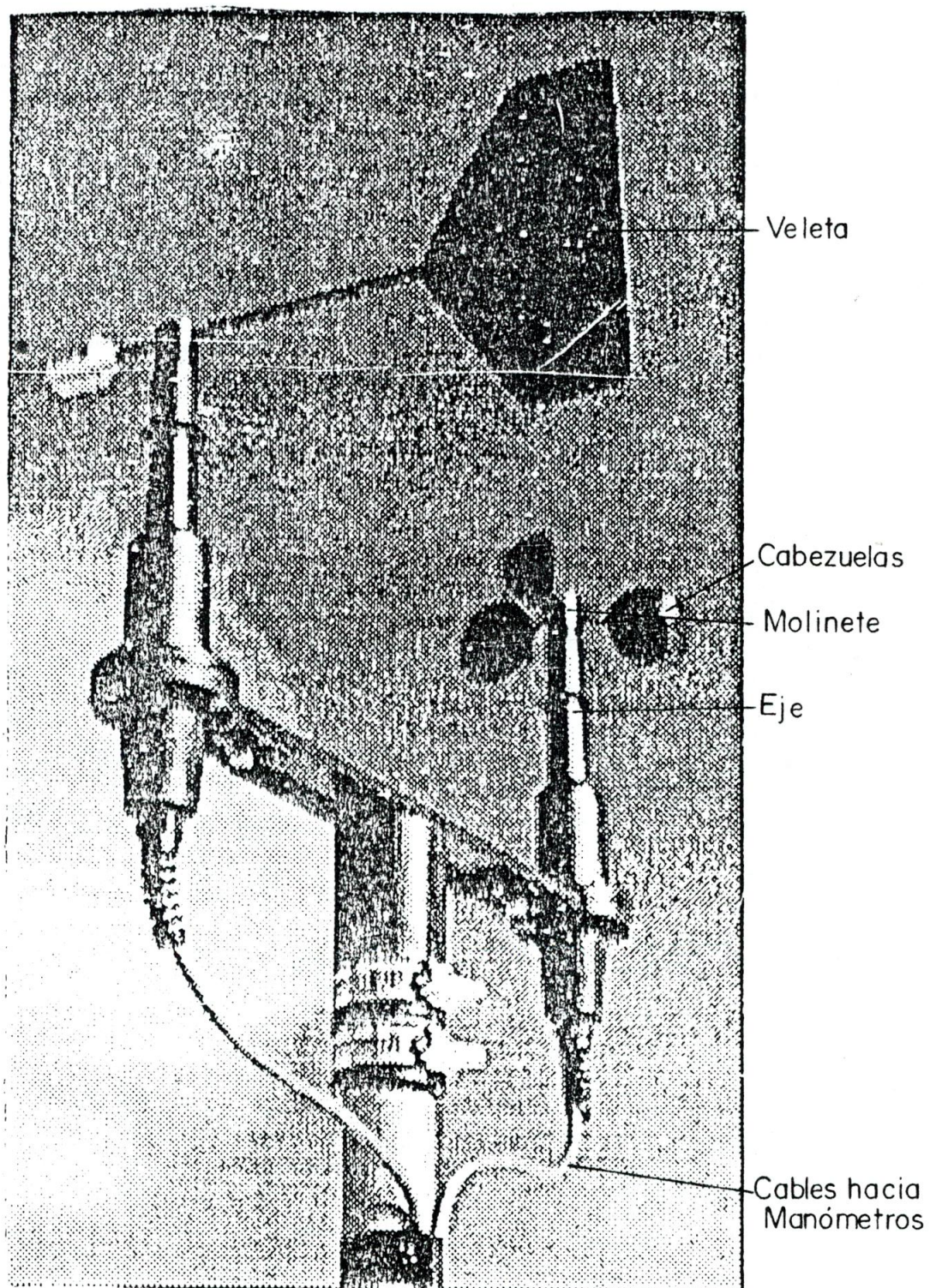
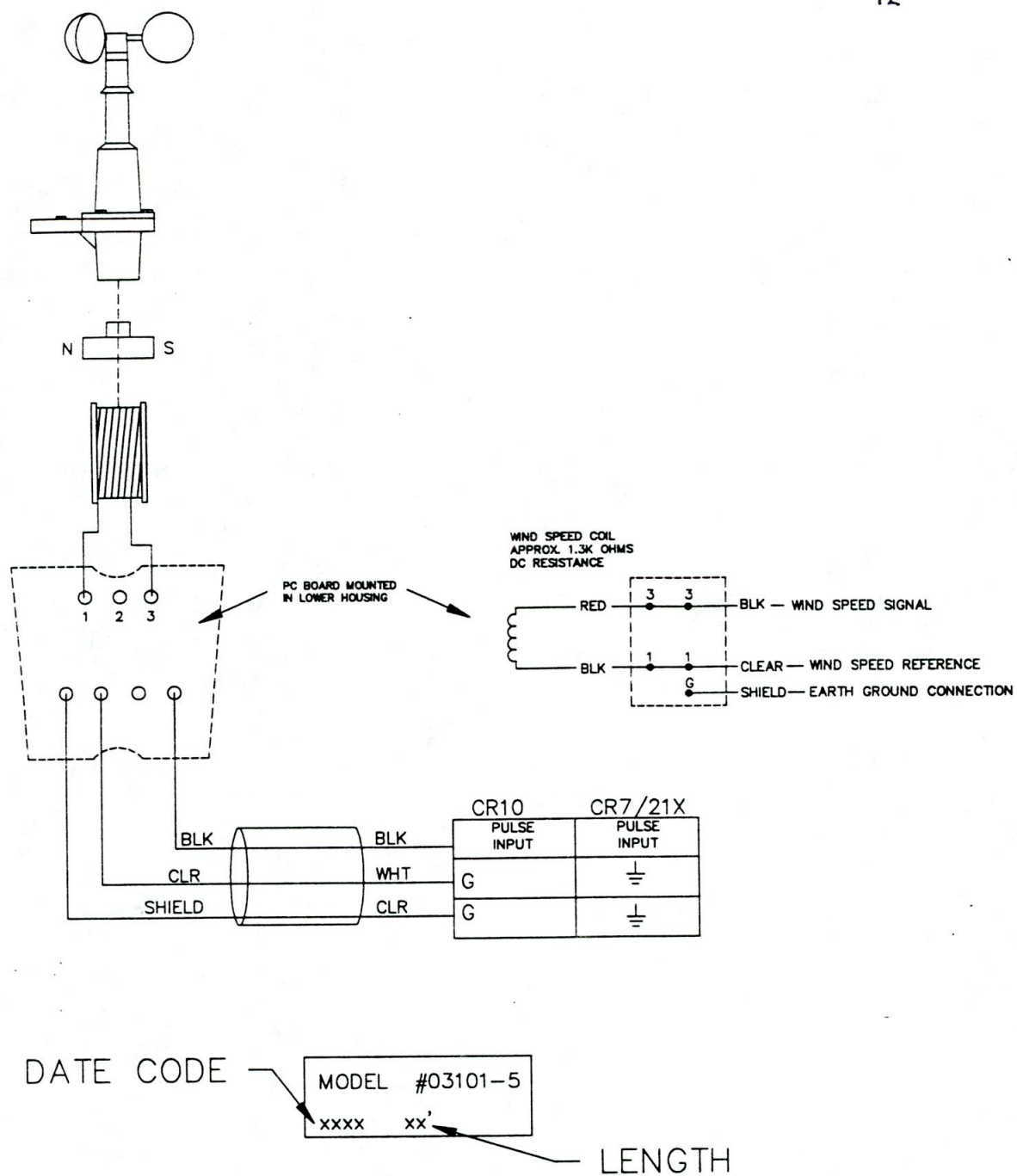


FIG. 8. Anemómetro de Robinson



03101-5 Wind Sentry Anemometer

FIG. 9. Modelo 03101-5 de Anemómetro.

TABLA 7. VALORES DE VELOCIDAD DEL VIENTO REGISTRADOS EN LA ESTACION "NEERLANDIA". (m/s). Trece periodos del año (de enero a diciembre 1996 - 1997).

Periodo	Velocidad del viento promedio	Velocidad del viento máxima	Velocidad del viento promedio	Velocidad del viento máxima
1	3.94	6.25	3.62	6.00
2	3.89	5.00	3.53	4.55
3	4.00	4.55	3.73	5.00
4	3.64	7.37	3.96	5.00
5	4.21	7.00	4.09	6.00
6	4.54	7.25	4.62	9.35
7	4.14	6.00	4.14	6.00
8	4.31	13.55	4.11	6.00
9	4.64	17.37	4.16	8.07
10	5.11	17.00	4.32	7.25
11	4.11	5.00	3.97	8.37
12	3.96	6.95	3.46	5.00
13	3.67	7.77	2.98	5.00

TABLA 8. VALORES DE VELOCIDAD DEL VIENTO REGISTRADOS EN LA ESTACION "Y". (m/s). Trece periodos del año (de enero a diciembre 1996 - 1997).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	5.00	5.01
2	5.25	5.42
3	5.45	5.24
4	5.60	5.30
5	5.10	5.28
6	5.89	5.60
7	6.01	5.98
8	7.20	6.20
9	7.01	6.90
10	7.13	7.20
11	5.45	5.10
12	5.13	5.01
13	5.00	5.02

2.3.1.5 Radiación solar. La energía total disponible procede en forma directa o indirecta del sol; las contribuciones de otros cuerpos celestes o del interior de la tierra son despreciables con relación a la energía solar.

El calor del sol llega a la tierra como radiación u ondas electromagnéticas con una longitud de onda entre 0.2 y 4 micras; si se acepta que el ojo humano reacciona solo ante ondas de 0.4 a 0.7 micras, se puede deducir que una parte de la energía puede ser vista, aunque se puede percibir una gama de longitudes de onda muchísima mayor.

El aparato que mide diariamente la radiación solar (radiación global directa y difusa) en la estación la "Y" es el Pirheliómetro de compensación (figura 10), en el cual las dos láminas iguales de manganina, se calientan una por acción de los rayos solares y la otra por la corriente producida por una batería; calentadas las dos láminas, equilibran su temperatura mediante contacto con un par termoeléctrico. Simultáneamente por medio del reostato se calibra el galvanómetro del par en cero (0); se lee entonces en miliamperimetro la intensidad de la corriente eléctrica que lógicamente para efectos de utilización en los diseños agrometeorológicos se hace equivalencia a megajul por metro cuadrado o en unidades que puedan ser utilizables en las diferentes fórmulas empíricas comúnmente empleadas. Los datos históricos registrados entre 1996-1997 se encuentran en la Tabla 10.

Para la medición en la estación "Neerlandia" se usa el modelo HMP 35C de la Cambell Scientific, Inc., realizando 24 mediciones al día (figura 7). Las mediciones registradas en los años 1996-1997 se encuentran consignadas en la Tabla 9.

1. Placas de manganina
2. Bateria
3. Reostato
4. Miliamperimetro

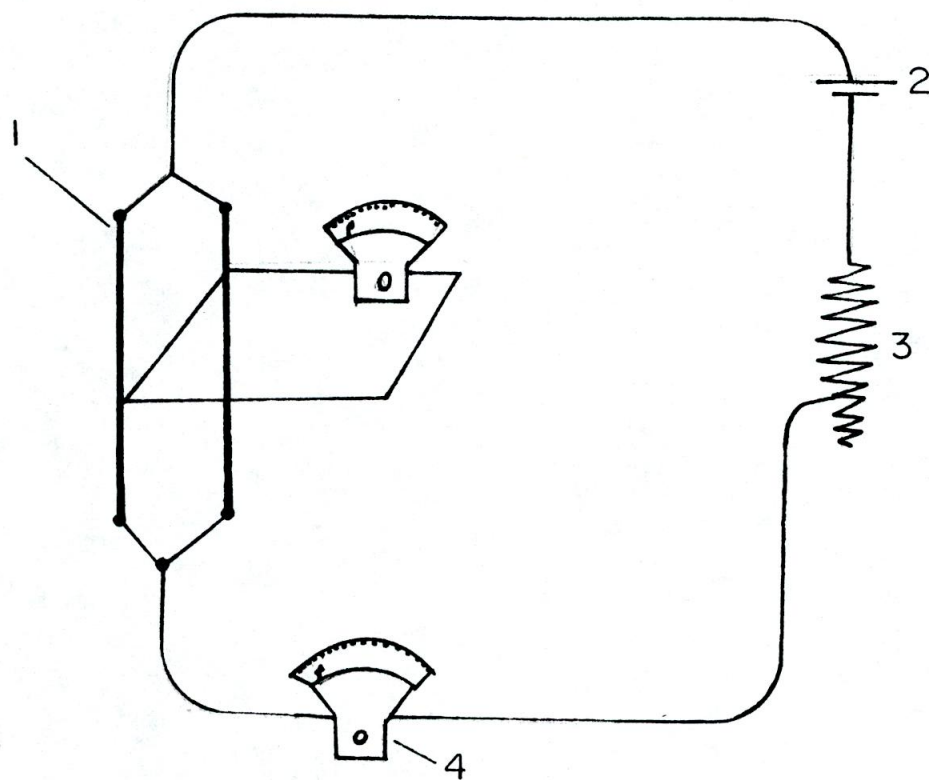


FIG. 10. Pirheliometro de compensación.

TABLA 9. VALORES DE RADIACION SOLAR REGISTRADOS EN LA ESTACION
 "NEERLANDIA". (Mj/m²). Trece periodos del año (de enero a diciembre 1996 - 1997).

1996						1197				
Periodo	Promedio	Mínima	Número de días	máxima	Número de días	promedio	Mínima	Número de días	Máxim a	Número de días
1	16.65	12.93	1	17.81	1	15.0	12.89	1	19	1
2	16.80	12	1	18.9	1	16.56	12.87	1	17.06	1
3	17.01	13.1	1	18.5	1	16.97	13.0	1	19.0	1
4	17.50	14.5	1	20.1	1	17.31	14.0	1	18.45	1
5	17.30	9	3	21.9	1	17.17	4	4	22.9	1
6	18.65	7.81	9	22.9	1	17.46	9.23	8	22.79	1
7	13.62	3.98	10	22.91	1	13.62	3.98	10	22.91	1
8	15.88	6.74	5	22.44	1	17.27	4	2	23.02	1
9	14.83	7.43	6	23.52	1	17.96	12	3	22.19	1
10	13.61	6.52	7	19.03	1	15.87	2.09	6	21.59	1
11	13.87	7.13	6	19.69	1	14.89	3.98	6	21.02	1
12	12.90	0	9	18.47	1	13.96	2.44	8	18.77	1
13	13.88	9	4	16.83	1	15.31	12	1	17.54	1

TABLA 10. VALORES DE RADIACION SOLAR REGISTRADOS EN LA ESTACION
 “Y”. (Mj/m²). Trece periodos del año (de enero a diciembre 1996 – 1997).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	17.25	16.85
2	17.30	17.00
3	17.31	16.98
4	17.29	17.01
5	17.05	16.82
6	17.52	17.30
7	16.28	16.83
8	16.53	16.90
9	16.20	16.50
10	16.10	16.24
11	16.28	16.25
12	16.10	16.24
13	16.82	16.98

2.3.2 Parámetro de producción

2.3.2.1 Récord de producción. En los archivos del departamento de agricultura de Técnicas Baltimé se encuentran las estadísticas de producción del distrito de la Aguja que contempla una producción máxima de 60 racimos/hectárea/semana de 28 kilogramos cada uno. Además una producción óptima sostenida en cuatro periodos en varios años. El mayor peso en racimo alcanzado corresponde a 37 kg/racimo (13).

En el distrito de la Aguja los valores de producción promedio registrados durante los trece periodos (Enero-Diciembre) de los años de 1996-1997 se encuentran registrados en la Tabla 11.

2.3.2.2 Producción optima. Se considera como producción optima para el banano de 40 a 50 racimos/hectárea/semana con un promedio de peso racimo 25.5 kilogramos (21).

TABLA 11. VALORES DE PRODUCCION PROMEDIO REGISTRADA EN EL
DISTRITO DE LA AGUJA. (Kg/ha). Trece periodos del año (de enero a diciembre 1996 -
1997).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	892.6	894.5
2	1062.9	1098.5
3	1026.5	1035.0
4	1158.5	1189.6
5	963.5	974.9
6	944.7	963.9
7	852.1	854.4
8	786.2	839.4
9	950.7	983.2
10	999.0	1000.6
11	975.5	1010.7
12	889.9	1009.5
13	998.2	1028.4

2.4 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis se consideraron la superficie de respuesta entre los factores climáticos y la producción, los registro de eventos meteorológicos de la estación “Neerlandia” y la “Y” durante los años de 1996 y 1997 y regresiones entre los factores climáticos.

La metodología para superficie de respuesta, es un conjunto de métodos estadísticos y matemáticos, donde un gran número de variables manifiestan su influencia sobre una determinada característica: la respuesta; en este caso las variables independientes son factores climáticos como evaporación, humedad relativa, temperatura, velocidad del viento y radiación solar; su influencia sobre la variable dependiente: producción. En general, se tiene “m” niveles de un factor en cada uno de los cuales se tiene “n” mediciones así:

FACTOR				
1	2	3	4...	M
X11	X12	X13	X14...	X1m
X21	X22	X23	X24...	X2m
.
.
.
Xn1	Xn2	Xn3	Xn4	Xnm

X: Es la variable que se está midiendo, en este caso, la producción del banano.

1,2,3, ..., m: Son los niveles del factor; en este caso, son los factores climáticos, asociados en grupos de influencia sobre la producción.

X_{nm} : Es la i -ésima medición de la producción de banano para el i -ésimo nivel del factor cualquiera que sea.

Estos grupos están determinados por intervalos de 95% de confianza, o sea con 0.05 de probabilidad de equivocación, debido a que no consideraron la mínima absoluta, ni la máxima absoluta.

Cuando se hace alusión a entre grupos se refiere al efecto que ejercen los factores climáticos sobre la producción por n numero de intervalos en un año.

En cambio, dentro de los grupos, se estima cuando se hace referencia al efecto que ejercen los factores climáticos sobre la producción durante un intervalo o al cabo de él esto es para determinar si existen subgrupos dentro del intervalo.

El fin último del análisis de varianza es el contraste de una hipótesis nula contra una hipótesis alternativa. En términos de medias grupales las hipótesis se expresan de la siguiente manera:

(Nula) $H_0: U_1 = U_2 = U_3 \dots = U^n$ (las medias de los n grupos son iguales)

(Alternativa) H_1 : al menos una media es diferente

Estos dos enunciados son equivalentes a los siguientes:

H_0 : el factor no tiene incidencia sobre la producción

H_1 : el factor incide sobre la producción.

Para tomar una decisión al respecto, en la última columna se encuentra el p-valor menor que 0.05, ó sea el 5% de probabilidad de error o nivel de significancia, esto quiere decir que las medias analizadas por lo menos una incide en la producción.

De 0.05, ó sea el 5% de probabilidad de error o nivel de significancia. Dada la magnitud y alcance de los análisis de varianza estas influencias son consideradas en conjunto y no cada una en detalle; además son agrupadas en rangos de valores o en grupos.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Se estudiaron los siguientes aspectos:

- Influencia de los factores climáticos en la producción.
- Variación de los factores climáticos.

3.1 INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCCIÓN.

En el anexo B, muestra en la primera columna la producción entre grupos de influencia de la radiación solar considerando dos asociaciones así:

- Grupo 1: con valores de radiación solar entre $15,5 \text{ Mj/m}^2$ y $16,5 \text{ Mj/m}^2$.
- Grupo 2: con valores de radiación solar entre $16,6 \text{ Mj/m}^2$ y $17,6 \text{ Mj/m}^2$.

En la columna seis P-valor es igual a 0,91 al compararlo con el factor tabulado (F_t), en la columna cinco, se puede asumir que no hay significancia, o sea que la producción no cambia, con los distintos valores de la radiación solar.

Posiblemente los valores de la radiación solar influyen en los resultados de la Anova, debido que la diferencia entre días es menor y entre periodos (28 días), son más reducidas;

por lo tanto los valores promedios son sensiblemente iguales, además no se puede incluir en diseños estadístico los valores críticos de radiación solar, como aquellos mayores de 25 Mj/m^2 , tampoco se tiene en cuenta la duración de las mismas, debido a que el diseño estadístico de superficie de respuesta solo maneja rangos promedios.

El anexo C muestra en la primera columna la producción entre grupos de influencia de temperatura considerando dos asociaciones, así:

- Grupo 1: con valores de temperatura entre 27° y 27.7°C .
- Grupo 2: con valores de temperatura entre 27.8° y 28.5°C .

Con P-valor en la columna seis, igual a 0,96 comparado con el factor tabulado en la columna cinco, se puede asumir que no es significativo, es decir la producción no cambia con distintos valores de temperatura. Posiblemente los valores de la temperatura ambiente influye en el resultado de la Anova, pues la diferencias entre días es menor y entre periodos (28 días) es más reducida, por lo tanto los valores promedios son sencillamente iguales.

Además, no se puede incluir en el diseño estadístico los valores críticos de temperatura como mayores de 36°C y menores de 13°C debido a que no se tiene en cuenta la duración de las mismas.

En el anexo B se alcanza a observar en la primera columna la producción entre grupos de la influencia con respecto a la velocidad del viento, considerándose así dos asociaciones:

- Grupo 1: con velocidades de viento entre 4.200 m/s y 4.450 m/s.
- Grupo 2: con velocidades del viento entre 4.451 m/s y 4.701 m/s

En la columna seis P-valor es igual a 0,37 al compararlo con el factor calculado en la columna cinco podemos asumir que hay significancia por un rango muy estrecho (0.5), es decir que la producción varía con las diferentes velocidades del viento. Posiblemente los valores de velocidad del viento influyen en los resultados de la Anova pues en el año de 1996 es atípico debido al vendaval que azotó la zona bananera del Magdalena.

El anexo E presenta en la primera columna la producción entre grupos de influencia de evaporación considerando tres asociaciones así:

- Grupo 1: con valores de evaporación entre 3.0 mm y 3.9 mm.
- Grupo 2: con valores de evaporación entre 4.0 mm y 4.9 mm
- Grupo 3: con valores de evaporación entre 5.0 mm y 5.9 mm.

En la columna seis P-valor es igual a 0,88, al ser comparado con el factor tabulado (F_t) en la columna cinco, se puede asumir que hay significancia con diferencia entre ambos baja (0.5), es decir la producción varía con distintas variaciones de la evaporación.

El anexo F presenta en la primera columna la producción entre grupos de influencia de humedad relativa considerando tres asociaciones:

- Grupo 1: con valores de humedad relativa de 76% y 79%.
- Grupo 2: con valores de humedad relativa de 80% y 83%
- Grupo 3: con valores de humedad relativa de 84% y 87%.

En la columna seis , P-valor es igual a 0.0038 al ser comparado con el factor tabulado en la columna cinco, se puede asumir que hay una alta significancia, es decir que la producción varía con las distintas variaciones de la humedad relativa .

En anexo G se puede observar en la primera columna la producción entre grupos de periodos considerándose dos asociaciones así:

- Grupo 1: del primer periodo (enero) al periodo sexto (junio).
- Grupo 2: del séptimo periodo (julio) al periodo treceavo (diciembre –enero).

Con P-valor (columna seis)igual a 0.032 al ser comparado con el factor tabulado (Ft) en la columna cinco, se puede asumir que hay alta significancia, es decir que hay diferencia de producción en los trece periodos del año, o que la producción no se mantiene igual para todos los periodos.

El anexo H muestra en la primera columna el numero de periodo del año, en la segunda la cantidad de mediciones que se realizaron en los periodos durante los dos años de estudio, estas mediciones fueron homogéneas.

En la tercera columna se encuentran las medias de producción, con la producción máxima de 1158.5 Kg/ha , en el periodo cuatro (abril). Pero no alcanzó el record de máxima producción de 1650 Kg/ha obtenido por Técnicas Baltime en años anteriores, la mínima se presentó en el periodo ocho con 825.3 Kg/ha que sobre pasa el critico de mínima producciones que es de 765 Kg/ha.

En la columna seis se encuentra la media grupal señalando el rango de producción por periodos sin considerar la mínima ni la máxima absoluta.

En el anexo I se observa en la primera columna el número del periodo, en la segunda columna parte superior el número de mediciones por periodos, en la tercera columna el promedio de producciones de cada periodo.

Se encontró tres grupos de producción:

- Grupo 1: de baja producción, en los periodos ocho (agosto), siete (julio), once (octubre –noviembre), y uno (enero).
- Grupo 2: de producciones intermedias, en los periodos doce (noviembre –diciembre), seis (junio), cinco (mayo), nueve (agosto –septiembre) y diez (Septiembre –Octubre).
- Grupo 3: de producciones altas, en los periodos tres (marzo), trece (diciembre –enero), dos (febrero) y cuatro (abril).

En la cuarta columna encontramos los grupos homogéneos de producción es decir el comportamiento de las producciones dentro de cada grupo.

En el primer grupo de producciones bajas se observa el aumento de producciones desde el periodo ocho (agosto) al periodo uno(enero).

En el segundo grupo de producciones intermedias resultan equivalentes en cuanto a comportamiento dentro del grupo, desde el periodo doce (noviembre –diciembre) hasta el periodo nueve (agosto -septiembre).

En el tercer grupo o de producciones altas su comportamiento es creciente desde el periodo trece (diciembre –enero) hasta el periodo cuatro (abril).

Observamos los contrastes de medias para pares de ellas, indicando los pares diferentes marcados con *:

- | | |
|--------------|---|
| El par 1 – 4 | (enero –abril) Indica los periodos con producciones diferentes. |
| El par 2 – 7 | (febrero –julio) Indica los periodos diferentes en cuanto a velocidad del viento. |
| El par 2 – 8 | (febrero –agosto) Indica los periodos diferentes en cuanto a temperatura. |
| El par 4 – 7 | (abril –julio) Indica los periodos diferentes en cuanto a evaporación. |
| El par 4 – 8 | (abril –agosto) Indica los periodos diferentes en cuanto a producción. |

El par 4 – 11	(abril –octubre y noviembre) Indica los periodos diferentes en cuanto humedad relativa.
El par 7 – 10	(julio – septiembre y octubre) Indica los periodos diferentes en cuanto a radiación solar.
El par 7 - 13	(julio –diciembre y enero) indica los periodos diferentes en cuanto a velocidad del viento.
El par 8 – 10	(agosto -septiembre y octubre) indica los periodos diferentes en cuanto a producción .
El par 8 – 13	(agosto – diciembre y enero)Indica los periodos diferentes en cuanto a temperatura.
El par 11- 13	(octubre y noviembre- diciembre y enero) indica los periodos diferentes en cuanto a humedad relativa.

Dada la magnitud y alcance de las influencias que existen entre los factores climáticos y la producción, estos son considerados en conjunto, para la realización del Anova, determinados principalmente por el régimen de lluvias, la humedad relativa y la temperatura, entre otros.

En el anexo J, se puede observar en la primera columna la producción entre grupos en este caso las estaciones del año o épocas , considerando tres asociaciones así:

- Grupo 1: los intervalos de los factores climáticos en la primera estación del año.
- Grupo 2: los intervalos de los factores climáticos en la segunda estación del año.

- Grupo 3: los intervalos de los factores climáticos en la tercera estación del año.

El efecto de los factores climáticos sobre la producción es altamente significativa en las tres épocas del año, pues en la columna seis P-valor es igual a 0.00.

En el anexo K se observa en la primera columna el número de épocas por año, la segunda columna es la cantidad de mediciones que se hicieron en cada época en los dos años de estudios; en la tercera columna las medias de producción para cada época en orden descendente. Con producciones promedio para todo el año de 938.5 Kg/ha.

En la columna seis se encuentra la media grupal o intervalo de producción por épocas sin considerar la mínima absoluta, ni la máxima absoluta.

3.2 VARIACION DE LOS FACTORES CLIMATICOS

Según lo reportado por Sierra (29) y lo registrado por la estación “Neerladia” (anexo A. Régimen de lluvias) la región presenta dos épocas, una época seca y otra lluviosa, con precipitaciones mayores de 3 mm/día.

3.2.1 Evaporación. La variación diaria de la evaporación es mayor cuanto más elevada es la temperatura de la capa superficial del agua (que a su vez depende de la radiación solar) y de la velocidad del viento que remueve la humedad relativa que contiene al aire y procede del agua evaporada de la superficie foliar, terrestre e hídrica.

Por esta razón suele alcanzar sus valores máximos de dos a tres horas después de que el sol alcanza el cenit.

Las variaciones promedios para una misma estación día a día y periodo a periodo (28 días) no son muy significativas.

La tabla 1 muestra los valores obtenidos de evaporación en la estación Neerlandia. El máximo valor de evaporación corresponde a la época seca Febrero, marzo y abril (periodos 2,3 y 4) entre 4.8 y 5.1 mm. El mínimo valor registrado en la época lluviosa de junio a Diciembre (periodos 6, 7, 8 y 12) entre 3.9 y 4 siendo el promedio anual 4,7 mm y un registro acumulado anual de 1731,7 mm.

En la tabla 2 la estación la "Y", situada al Norte de Neerlandia las variaciones no son significativas, los valores medios por periodo varían entre 6,00 mm en el periodo 4 y 4,9 mm en el periodo 1; con un promedio anual de 5,5 mm y un acumulado anual de 1959,7 mm.

Aparentemente hay incremento del centro del distrito de la Aguja hacia el Norte. Según estos resultados y teniendo en cuenta lo reportado por la FAO (manual de riego y drenaje No. 24) lo anterior se justifico en razón de que sus valores están influenciados por la temperatura y el viento.

La variación de la evaporación influye en la producción debido posiblemente a que en la época lluviosa hay un exceso de agua (Anexo LL) y baja evaporación (menor de 4 mm),

conduciendo a producciones bajas. En la época seca las producciones son altas, con presencia de evaporaciones mayores de 5 mm.

3.2.2 Humedad relativa. La variación diaria de la humedad relativa se comporta en términos generales en forma opuesta a los valores de temperatura, por esta razón suele alcanzar sus valores máximos en las horas del amanecer.

En la tabla 3 se presentan los valores de este parámetro en la estación Neerlandia, la humedad relativa para la época seca (periodos 1,2,3 y 4) de Enero a Abril son entre 79.0% y 80%, para la época lluviosa (periodos 5,6,7,8,9,10,11,12 y 13) de Mayo a Diciembre entre 82% y 87%, siendo el promedio anual de 83%.

En la tabla 4 la estación la "Y" situada al norte de "Neerlandia" los valores medios por periodo varían entre 70% en el periodo 6 (Junio) y 80% en el periodo 2 (Febrero) con un promedio anual de 74%.

Aparentemente hay reducción de valores de humedad relativa hacia el norte debido a que se encontró en este estudio un incremento un tanto significativo en la temperatura y la radiación solar hacia el sector de la "Y" factores que influyen directamente sobre ésta.

Según estos resultados y lo reportado por Sierra (29), se coincide con él cuando sostiene que durante la época seca el registro de la humedad relativa es bajo aproximadamente el 36% del total anual y el 64% se presenta en la época lluviosa.

La variación de la humedad relativa depende de las fluctuaciones de la radiación solar, temperatura y velocidad del viento, teniendo una influencia sobre la producción (Anexo M).

3.2.3 Temperatura. La variación diaria de la temperatura va ligeramente desplazada con relación a la variación de la radiación solar, la temperatura comienza a subir un tiempo después de la salida del sol; su máximo se logra de tres a cuatro horas después de que el sol alcanza el cenit y comienza a decrecer hasta la próxima salida del sol.

En días nublados la temperatura máxima no es tan alta, pero la mínima es mayor con relación a los días despejados.

Las variaciones en un día pueden ser tan amplias que pueden tener rangos de 10°C (para una temperatura promedio diaria de 28°C , se pueden tener extremos de 33°C y 23°C).

En la estación "Neerlandia" la temperatura oscila entre 27°C y 30°C . Según la tabla 5 el mayor promedio de temperatura se encontró en la época cálida y lluviosa.

El máximo valor se encuentra en el octavo periodo (29°C) en Agosto, registrando un promedio de máximas temperaturas de 38.73°C en la época lluviosa.

La temperatura promedio para todo el año es mas o menos constante obteniéndose un registro de 28.9°C y mínima de 26.4°C en el primer periodo (Enero).

En la tabla 6 la estación la "Y" las temperaturas oscilan entre 27.5°C y 30.5°C el periodo más caluroso es el octavo (Agosto) registrando un promedio de 30.5°C. la temperatura para todo el año es constante obteniéndose una media de 29.4°C, el promedio mas bajo se encuentra en el periodo dos (Febrero) con 28.7°C.

Se puede deducir que posiblemente hay un incremento de temperatura hacia el Norte debido a que la radiación solar es mayor en el sector de la "Y" la cual tiene influencia directa con el factor mencionado.

La influencia de la temperatura en la producción está determinada por la variación de la temperatura alta (Mayor de 36°C) y la variación de la temperatura baja (menor de 13°C) (Anexo N).

Cuantitativamente los dos años de estudio registran temperaturas altas (Cálida) y muy altas (Caliente) en la época seca y lluviosa.

3.2.4 Velocidad del viento. Es claro también que a diferencia de la temperatura, la velocidad de los vientos muestra fluctuaciones y variaciones más amplias y en consecuencia por efectos geográficos es muy difícil y poco recomendable extrapolar resultados.

En la tabla 7, se puede observar diferencia de velocidad del viento debido posiblemente a que en el año de 1996 se presentó en la zona bananera fuertes vientos (mayores de 11.25 m/s) ocasionando dicha variación.

Durante el día el movimiento del aire puede ser turbulento en ráfagas de corta duración o apacible.

La zona bananera se encuentra influenciada por los vientos alisios. En la estación "Neerlandia" en el año de 1996 se presentaron velocidades críticas entre los periodos 8 y 10 (de Octubre a Noviembre). Para el año de 1997. El viento se porto apacible, la menor velocidad promedio se presentó en el periodo 13 (Diciembre – Enero) con 3.50 m/s, la máxima 4,60 m/s en el periodo 6 (Junio). Entre los periodos más influenciados se encuentran el 5 y el 10 con velocidades máximas mayores de 6 m/s.

En la tabla 8 la estación de la "Y" la influencia de la velocidad del viento en la cantidad de agua evaporada es mayor pues se puede generalizar diciendo que aumenta su velocidad promedio con respecto a Neerlandia, a saber: en el periodo 10 (Septiembre – Octubre) la velocidad promedio es de 7.17 m/s, la más baja corresponde a los periodos 12 y 13 (Noviembre, Diciembre y Enero) con velocidad de 5 m/s.

Según estos resultados y tomado lo reportado por Diazgranados (9) y los datos de Gabriel consignados por Simmonds (31) se coincide con ellos cuando sostienen que la zona bananera del Magdalena es una de las áreas plataneras con muy poca presencia de vendavales.

La variación de la velocidad del viento en la producción es debido a los daños ocasionados por vientos de intensidad entre 4 y 6, según la escala de Baufort (Anexo O), además

porque esta variación influye en la variación de la evaporación, humedad relativa y temperatura.

3.2.5 Radiación solar. En el trópico las variaciones de radiación global (directa y difusa) durante un día son mínimas (cero) en la noche y máxima cuando los rayos solares caen verticalmente sobre un lugar.

A nivel periodal (28 días) existen variaciones por posición del sol con respecto a la tierra; a nivel anual, en el trópico las variaciones con respecto a un promedio son insignificantes (estadísticamente). Todos los enunciados anteriores suponen una atmósfera completamente limpia.

En la estación “Neerlandia” según la tabla 9 la máxima radiación que se presentó en el periodo 6 (junio) con $18,00 \text{ MJ/m}^2$ (430.02 cal/cm^2). Mientras que la mínima corresponde a $13,50 \text{ MJ/m}^2$ (325 cal/cm^2) en el periodo 12 (noviembre –diciembre). Entre los periodo 5 al 13 (de mayo a diciembre) se presentaron radiaciones menores 12 MJ/m^2 (285 cal/cm^2). Durante el tiempo de estudio no se presentaron radiaciones mayores de 25 MJ/m^2 (600 cal/cm^2). La radiación solar tiene un valor acumulado anual de 5861.19 MJ/m^2 ($140023.82 \text{ cal/cm}^2$) y promedio periodal de $16,22 \text{ MJ/m}^2$ (385 cal/cm^2).

La radiación solar tiene un valor acumulado anual de 5861.19 MJ/m^2 ($140023.82 \text{ cal/cm}^2$) y promedio periodal de $16,22 \text{ MJ/m}^2$ (385 cal/cm^2).

En la tabla 10 en la estación la “Y” se presento un registro acumulado anual de 6100,07 Mj/m^2 (145729 cal/cm^2) promedio periodal de 16,75 Mj/m^2 (400.15 cal/cm^2).

La máxima radiación se presentó en el sexto periodo con 17.4 Mj/m^2 (415.68 cal/cm^2), coincidiendo con Neerlandia, mientras que la mínima corresponde a 16.1 Mj/m^2 (384.62 cal/cm^2) el periodo 12 (Noviembre- diciembre).

En este caso los promedios de la radiación solar son similares , en las estaciones, seria suficiente si se interpola entre Neerlandia ($10^{\circ}50' \text{ N}$) y la “Y” (11° N); empleando la tabla de radiación solar al tope de la atmósfera para corroborar que son aproximadamente iguales (anexo O).

Igualmente al considerar los microclimas dentro del distrito de Aguja, se observan entre sus extremos geográficos diferencias muy notables en precipitación, nubosidad, humedad relativa, que hacen no muy recomendable el uso de la tabla antes expuesta.

CONCLUSIONES

Con fundamentos en los resultados del presente estudio y a las consideraciones establecidas en el mismo se puede establecer:

1. La influencia de la radiación solar sobre la producción del banano esta determinada por la presencia de radiaciones menores de 12 Mj/m^2 (285 cal/cm^2) entre los periodos cinco y trece (de mayo a Diciembre) en donde se encuentran producciones intermedias y bajas.
2. La fruta producida en el periodo octavo (agosto) no obtuvo un buen llenado debido a que en el periodo sexto (junio) y séptimo (julio) se presentaron aproximadamente nueve días con radiaciones solares menores de 12 Mj/m^2 (285 cal/cm^2) y para el llenado del fruto, el banano necesita flujos de radiación global y fotosintéticamente activa mayores de 12 Mj/m^2 (285 cal/cm^2) y menores de 25 Mj/m^2 (600 cal/cm^2).
3. Durante el tiempo de estudio no se presentaron radiaciones solares mayores de 25 Mj/m^2 (600 cal/cm^2).
4. La influencia de la temperatura en la producción del banano está determinada por la presencia de temperaturas mayores de 36°C entre los periodos cinco y uno (de mayo a enero) en donde se encuentran producciones intermedias y bajas.

5. La presencia de temperaturas mayores de 36°C en más del 50% (14 días) de la duración de los periodos cinco (mayo) y seis (junio) limitó la producción del periodo octavo (agosto); debido que a esta temperatura el crecimiento de la planta de banano se detiene.
6. Durante el tiempo de estudio no se presentaron temperaturas menores de 13°C .
7. La influencia de la velocidad del viento en la producción se presenta en los periodos cinco y ocho (de abril a Noviembre) con vientos promedio mayores de 4 m/s y producciones intermedias y bajas.
8. La producción del periodo octavo (agosto), se vio limitada por valores de velocidad máxima del viento mayores de 11.25 m/s que ocasionaron perdida de fruta.
9. El vendaval que ocurrió en el año de 1996 influyó en los datos de velocidad del viento en la zona de la Aguja, pues este comportamiento es atípico.
10. La influencia de la evaporación sobre la producción está determinada por valores menores de 4 mm/día en el periodo uno(enero), del periodo seis (junio) al ocho (agosto), y en el periodo once (octubre –noviembre), que unido ala presencia de lluvias en estos periodos ocasionan excesos de agua en el suelo y una baja en la producción.

11. En el distrito de la Aguja los valores totales de la evaporación (1731.7 mm.) son mayores que los valores totales de la precipitación (800 mm.)
12. Estadísticamente los valores de la humedad relativa tiene una alta influencia en la producción del banano; pues los valores menores de 80% se encuentran en la estación seca de los periodos 2 al 4 (de enero a abril) de producciones altas y los mayores de 80% en la estación lluviosa entre los periodos cinco y trece (de mayo a diciembre) de producciones intermedias y bajas ; una planta de banano soporta mejor un déficit hídrico que un exceso.
13. La producción del periodo uno (enero) , se vio limitada por el valor de humedad relativa en el periodo 11,12 y 13 (de octubre - diciembre), debido a que un exceso de humedad relativa ocasiona una baja en la producción.
14. Los valores de la humedad relativa dependen de los valores de evaporación, temperatura, velocidad del viento, y radiación solar, por que la humedad que contiene el aire procede del agua evaporada de la superficie foliar, terrestre e hídrica y la evaporación es mayor cuanto mas elevada es las temperatura, radiación solar velocidad del viento, etc, de la capa superficial del agua.
15. La respuesta de la planta de banano a los cambios en el ambiente ocurren en diferentes escalas de tiempo o épocas. Las respuestas observadas están ligadas con estas épocas y con el nivel de organización de la planta, ó sea, puede ocurrir en las células, en los órganos de toda la planta o en el ámbito de la plantación.

16. Las respuestas observadas representan la integración de numerosos procesos que operan durante varias escalas de tiempo o estaciones del año, es decir que los factores climáticos se enmarcaron en tres épocas al año que son cálida y seca de los periodos dos al cuatro (de febrero a abril) ; caliente y lluviosa en los periodos siete (julio) y ocho (agosto); cálida y lluviosa en los periodos cinco(mayo) , seis (junio) , y del periodo nueve al doce (de Septiembre a Diciembre).

17. Las producciones altas (mayores de 1000 Kg/ha) están en la época cálida y seca, determinada por evaporación ≥ 5 mm promedio día, humedad relativa $< 80\%$, un rango de máximas temperaturas $\leq 36^{\circ}\text{C}$, bajos rangos de velocidad del viento < 5 m/s y con radiaciones solares $> 12 \text{ Mj/m}^2$ (285 cal/cm^2) y $< 25 \text{ Mj/m}^2$ (600 cal/cm^2).

18. Las producciones bajas ($< 900 \text{ Kg/ha}$) se encuentra en la época caliente y lluviosa determinada por evaporaciones ≤ 4 mm promedio día, rangos de humedad relativa $> 84\%$ y $\leq 87\%$, un promedio de máximas temperaturas $> 37^{\circ}\text{C}$, promedio de vientos fuertes ≥ 11.25 m/s y con radiaciones solares $< 12 \text{ Mj/m}^2$ (285 cal/cm^2).

19. Además se encuentran periodos de producciones intermedias (entre 900 Kg/ha y 1000 kg/ha) en las época cálida y lluviosa determinada por evaporaciones ≥ 4 mm y < 5 mm promedio día, humedad relativa $\leq 84\%$, $\geq 80\%$, promedio de máximas temperaturas entre 36°C y 37°C , bajos rangos de velocidad del viento ≤ 11.25 a 5 m/s y con radiaciones solares $< 12 \text{ Mj/m}^2$ (285 cal/cm^2).

20. Las producciones ≤ 1000 kg/ha correspondientes a los 7 periodos finales del año (de mayo a Diciembre) son debido a que durante esta época los fertilizantes, herbicidas y fungicidas son arrastrados por el agua o bien lixiviados. Uno de los elementos más afectados en la época caliente y lluviosa es el nitrógeno, principalmente bajo la forma de ion nitrato. Esta misma situación puede afrontar el potasio, el calcio y el magnesio, los cuales en suelos con baja capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) forma iones solubles fácilmente lixiviados.

RECOMENDACIONES

1. Se deben asumir conscientemente, las influencias que ejercen algunos factores climáticos en la producción, tales como la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del viento por que sólo así es posible establecer una planeación y obtener un manejo de algunos factores directa o indirectamente relacionados con el medio de desarrollo del cultivo de Banano.
2. Deben realizarse por parte de las comercializadoras de Banano estudios que determinen un sistema de manejo agroclimático óptimo en el distrito de la Aguja.
3. Debe recomendarse por parte de las comercializadoras un seguro de viento, debe tenerse en cuenta que entre mayor número de asegurados es menor el valor de las primas y menor el riesgo del asegurador. En la actualidad este seguro lo esta prestando el consorcio de seguros agrícolas compuestos por las compañías Colseguros, Suramericana, la Nacional y Seguros Bolívar.
4. Se debe impulsar el conocimiento y el desarrollo de nuestros recursos naturales, del medio ambiente, y de los factores climáticos tales como la humedad relativa, la radiación solar, la temperatura, la evaporación y la velocidad del viento por medio de la investigación básica y aplicada de modo que permita el aprovechamiento sostenible en la explotación del cultivo de Banano.

5. Hacer prácticas de manejo eficiente de los factores climáticos en todos los meses del año para de esta manera obtener una mayor producción y rentabilidad en el cultivo de Banano.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ALEXANDROWICZ, L. Etude du developpenain. France. P. 35. Citado por: SIMMONDS N, W. Bananas. 2ª ed. Trinidad: Editorial longmans, 1973. 512 p.
- 2 ARBELAEZ, Dario. Plátanos (morfología). En: Foro Regional De Uraba Sobre Platano: Apuntes tomados de conferencia dictada. (1º :1985 : Apartadó). Primer foro regional de URABA sobre plátano. Apartadó : 1985. P. 26
- 3 ARROLLO, J.A. La botánica en experimentos. Madrid. Editorial Altea, 1973. 124 p.
- 4 BELALCAZAR CARVAJAL, Silvio. ed al. El cultivo del plátano en el trópico. Armenia : Impresora Feriva ltda. 1991. 376 p.
- 5 BERNAL E. , Javier. Factores ecológicos en la producción de forrajes . p 32-57. En : I.C.A. Curso de pastos y forrajes. 1ª ed. Bogotá :s.n., 1980.323 p.
- 6 BUSTAMANTE, Heliodor. Y MERCADO, Euripides. Factores climáticos. En : Congreso De Sistemas De Riego En Banano. (2º . 1987. Apartadó) Ponencias del II congreso de sistemas de riego en banano. Apartadó. 1987. 183 pp.
- 7 CARTAGENA, José. Interacción de los componentes agroclimáticos en la floración. En: Agricultura Tropical. Vol. 31 No. 2 (Sep. 1994) 90 pp.
- 8 Cosecha Programada 93 – 94: Densidad de siembra. Compañía Frutera de Sevilla. Vol 1, No. 1 (No 1993)
- 9 DIAZ GRANADOS, José I. La cuestión bananera en la zona de Santa Marta. En: Congreso Bananero (1º . 1986. Medellín), discurso y ponencias del primer Congreso bananero. Medellín. 1986. 153 pp.
- 10 Distancia Por Carretera Entre Poblaciones, Caseríos Y Sitios De Interés Del Distrito: Ruta No. 1 (oficinas, cerro azul, Rodadero y Santa Marta); Ruta No. 2 (oficinas la tal, Orihueca, la Gran Vía y Ciénaga). ASOSEVILLA. Vol 1 No. 1 (Jul 1998)
- 11 Distribución De Cultivos: II Semestre de 1990. HIMAT Regional No. 8. Magdalena (Jun. 1990).

- 12 ESCOBAR E, Bernardo. Balance de radiación solar en *Coffea arabica* L. P 98 – 106 En: Cenicafé, vol 34 No. 3 (jul. 1983) 112 pp.
- 13 Estadísticas De Producción Periodal. Departamento de Agricultura. Técnicas Baltime S.A. vol 1 No. 1 (Dic. 1997)
- 14 GALAN SAUCHO, Víctor. Los frutales tropicales en los subtropicos: II plátano (Banano). Madrid: Ediciones Mundi-prensa. 1992. 179 pp.
- 15 HAARER, A. E. Producción moderna de bananas. Zaragoza. España: Editorial Acribra, 1966. 102 pp.
- 16 Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Diccionario Geográfico de Colombia tomo I y II. Bogotá. Editorial Andes. 1971. 1447 pp.
- 17 _____. Estudio detallado de suelos y clasificación de tierras para riego y drenaje del sector Ciénaga – Fundación, zona bananera. Departamento del Magdalena. Bogotá. Editorial Andes. 1971. 253 pp.
- 18 JARAMILLO R, Alvaro y MADENDOSSANTOS, Jesús. Balance de radiación solar en *Coffea arabica* L.; variedades caturra y barbón amarillo. P 86 – 104. En: Cenicafé, vol 34 No. 3 (Jul 1983) 112 pp.
- 19 LITTLE, Thomas M. Y HILLS F., Jackson. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México: Editorial Trillos, 1979. 270 pp.
- 20 LOPEZ MARTELL, A.; LLANES MORREN, A. La emisión y la producción de propangulos en el plátano, en relación con algunos elementos del clima. En: Ciencia de la agricultura. Vol , No. 28 (Sep 1998) 66 pp.
- 21 NARVAES VAZQUEZ, Javier. Biotecnología es calidad de vida. En: Agricultura de las Américas Edición No. 245. (Spey 1996); 48 pp.
- 22 NAVA, C. Características cuantitativas de crecimiento del racimo de plátano. En: Reunión Acorbat (8° : 1987): Santa Marta. Memoria de la VIII Reunión Acorbatat. Santa Marta. 1987. 191 – 300.
- 23 NOVATTI, Ricardo. Ecología. Bogotá: Editorial Kapeluzz, 1975. 25 pp.
- 24 OCHSE, J.J. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. México: Editorial Limusa – w. Ley s.a, 1965. 828 pp.
- 25 Programa Y Servicios Técnicos: Procedimiento operativo estándar para determinar los requerimiento de riego y evaluar el estatus de humedad en el suelo. Chiquita Brands, Inc. Vol 1 No. (Nov. 1995)

- 26 Proyecto De Rehabilitación Y Complementación Del Distrito De Riego Prado De Sevilla: Estudio De Fácibilidad. HIMAT. Vol 1 No. 1 – Vol 2 No. 1 (Mar. 1985).
- 27 Reporte De Registro De Información Meteorológica: Departamento de ingeniería. Técnicas Baltime de Colombia S.A. Vol 1 No.1 – Vol 13 No. 2 (Ene – Dic., 1996 – 1997)
- 28 ROSERO RUANO, Alavaro. Banano. P270 – 279, En: Guerrero Riascos, Ricardo. Fertilización de cultivos en clima cálido. 2º ed. Santa fe de Bogotá. Gráficas Aguilera, 1991. 312 pp.
- 29 SIERRA s., Lois. El cultivo de banano: Producción y comercio. 1ª Edición. Medellín Editorial Gráficas Olímpica. 1993. 678 pp.
- 30 SILVA BERNIER, Jaime. Programa de Agrometeorología: relación planta medio ambiente. Santa Marta. 1993. 132 pp.
- 31 SIMMONDS N, M. Bananas. 2ª Edición. trinidad: editorial Longmans. 1973. 512 pp.
- 32 Sistemas De Riego: Fincas Neerlandia – Cabañas. Técnicas Baltime de Colombia S.A. (Jul. 1991)
- 33 SOCARRAS, F y MARTINEZ, r. Evapotranspiración real del plátano vinada “ Censa ¾” (*Musa AAA*, sub grupo plantaino) p 17 – 26 En: Ciencia tecnología agrícola: Riego y drenaje, Vol 12, No. 2. 1989. 57 pp.
- 34 SOTO, Moisés. Banano cultivo y comercialización. 2ª Edición. san José: Litografía e imprenta Lil S.A.. 1990. P 99 – 106.
- 35 SOLORZANO, Fernando. Sacado ventaja de las limitantes. En: El Surco: Edición latinoamericana. Año 102 No. 4. 1997. 20 pp.
- 36 SEMERVILLE W, a.t. Studies on nutrition qualifred by development o’n musa lavendishii lambert. Queensland: Editorid J. Agri. Sci. 1974. 127 pp.
- 37 VELEZ, Julián. Actualización en el cultivo del banano En: Seminario sobre la actualización en el cultivo del banano (1º : 1985: Medellín) ponencia del primer seminario sobre actualización en el cultivo del banano. Medellín. 1985. 51 pp.

ANEXOS

ANEXO A. VALORES DE PRECIPITACION MAXIMA REGISTRADOS EN LA
ESTACION "NEERLANDIA". (mm). Trece periodos del año (de enero a diciembre).

Periodo	Año 1996	Año 1997
1	8	6
2	0	0
3	0	0
4	0	1
5	6	8
6	2	45
7	58	58
8	29	10
9	24	9
10	8	58
11	29	5
12	19	44
13	1	1

ANEXO B. EFECTO DE LA RADIACION SOLAR SOBRE LA PRODUCCION.

ANOVA

ORIGEN DE LA VARIACION	S. C.	d. f.	C. M.	F. T.	P VALOR
ENTRE GRUPOS	6399.8	2	3199.886	0.093	0.9115
DENTRO DE LOS GRUPOS	2794046.6	81	34494.402		
TOTAL (CORREGIDO)	2800446.4	83			



ANEXO C. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA PRODUCCION.

ANOVA

ORIGEN DE LA VARIACION	S. C.	d. f.	C. M.	F. T.	P VALOR
ENTRE GRUPOS	61.9	1	61.89	0.002	0.9666
DENTRO DE LOS GRUPOS	2800384.5	82	34151.03		
TOTAL (CORREGIDO)	28002800446.4	83			

ANEXO D. EFECTO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO SOBRE LA PRODUCCION.

ANOVA

ORIGEN DE LA VARIACION	S. C.	d. f.	C. M.	F. T.	P VALOR
ENTRE GRUPOS	28203.6	1	28203.577	0.834	0.3735
DENTRO DE LOS GRUPOS	2772242.8	82	33807.83		
TOTAL (CORREGIDO)	2800446.4	83			

ANEXO E. EFECTO DE LA EVAPORACION SOBRE LA PRODUCCION.

ANOVA

ORIGEN DE LA VARIACION	S. C.	d. f.	C. M.	F. T.	P VALOR
ENTRE GRUPOS	35.00	1	55.007	1.13	0.88*
DENTRO DE LOS GRUPOS	38.05	82	0.707		
TOTAL (CORREGIDO)	73.05	83			

ANEXO F. EFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA SOBRE LA PRODUCCION.

ANOVA

ORIGEN DE LA VARIACION	S. C.	d. f.	C. M.	F. T.	P VALOR
ENTRE GRUPOS	63.9	1	63.9	8.8	0.0038**
DENTRO DE LOS GRUPOS	590.05	82	7.1		
TOTAL (CORREGIDO)	654.04	83			

ANEXO G. EFECTO DE LOS TRECE PERIODOS DEL AÑO SOBRE LA PRODUCCION.

ANOVA

ORIGEN DE LA VARIACION	S. C.	d. f.	C. M.	F. T.	P VALOR
ENTRE GRUPOS	719921.4	12	59493.454	2.041	0.032**
DENTRO DE LOS GRUPOS	2080524.9	71	29303.168		
TOTAL (CORREGIDO)	2800446.4	83			

ANEXO H. VARIACION DE LA PRODUCCION POR PERIODOS.

NIVELES	MEDICIONES	PROMEDIO	STND. ERROR (INTERNO)	STND ERROR (REUNIDO)	95 % CONFIANZA MEDIA GRUPAL	
1	8	892.6750	93.11820	85.590840	721.97316	1063.3768
2	8	1087.9125	84.78391	85.590840	917.21066	12.58.6143
3	8	1026.5025	87.17944	85.590840	855.80066	1197.2043
4	8	1158.5825	68.86852	85.590840	987.88066	1329.2843
5	8	963.5750	73.24239	85.590840	792.87316	1134.2768
6	8	954.3238	32.25921	60.521864	833.61932	1075.0282
7	8	853.2813	41.81486	60.521864	732.57682	973.9857
8	8	825.3225	28.23838	60.521864	704.61807	946.0269
9	8	966.9700	66.09718	60.521864	846.26557	1087.6744
10	8	1060.0925	44.01816	60.521864	939.38804	1180.7969
11	8	890.6250	109.36045	60.521864	769.92057	1011.3294
12	8	949.7525	35.21310	60.521864	829.04807	1090.4569
13	8	1075.3275	57.66713	60.521864	955.12307	1196.5319
TOTAL	104	965.7923	18.67745	18.688453	928.54207	1003.0425

ANEXO I: EFECTO DE LOS TRECE PERIODOS DEL AÑO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CLÍMATICOS Y LA PRODUCCIÓN.

NIVELES	MEDICIONES	PROMEDIO	GRUPOS HOMOGENEOS
8	8	825.3225	X
7	8	853.2813	X
11	8	890.6250	XX
1	8	892.6750	XXX
12	8	949.7525	XXXX
6	8	954.3228	XXXX
5	8	963.5750	XXXX
9	8	966.9700	XXXX
10	8	999.5025	XXXX
3	8	1060.0925	XXX
13	8	1075.8275	XX
2	8	1087.9125	XX
4	8	1158.5825	X

CONTRASTE	DIFERENCIA	+/- LIMITES
1 - 2	-195.238	241.409
1 - 3	-133.828	241.409
1 - 4	-265.908	241.409*
1 - 5	-70.9000	241.409
1 - 6	-61.6488	209.066
1 - 7	39.3937	209.066
1 - 8	67.3525	209.066
1 - 9	-74.2950	209.066
1 - 10	-167.418	209.066
1 - 11	2.05000	209.066
1 - 12	-57.0775	209.066
1 - 13	-183.152	209.066
2 - 3	61.4100	209.066
2 - 4	-70.6700	241.409
2 - 5	124.338	241.409
2 - 6	133.589	241.409
2 - 7	234.631	209.066
2 - 8	262.590	209.066*
1 - 9	120.943	209.066*
2 - 10	27.8200	209.066
2 - 11	197.288	209.066
2 - 12	138.160	209.066
2 - 13	12.0850	209.066
3 - 4	-132.080	209.066
3 - 5	62.9275	241.409
3 - 6	72.1788	241.409
3 - 7	173.221	209.066
3 - 8	59.5325	209.066
3 - 9	-33.5900	209.066
3 - 10	135.878	209.066

3- 11	76.7500	209.066
3- 12	-49.3250	209.066
3- 13	195.007	209.066
4- 5	204.259	209.066
4- 6	305.301	241.409
4- 7	333.260	209.066
4- 8	191.613	209.066*
4- 9	98.4900	209.066*
4- 10	267.958	209.066
4- 11	208.830	209.066
4- 12	82.7550	209.066*
4- 13	9.25125	209.066
5- 6	110.295	209.066
5- 7	138.253	209.066
5- 8	-3.39500	209.066
5- 9	-96.5175	209.066
5- 10	72.9500	209.066
5- 11	13.8225	209.066
5- 12	-112.252	209.066
5- 13	101.043	209.066
6- 7	129.001	209.066
6- 8	-12.6462	170.702
6- 9	-105.769	170.702
6- 10	63.6988	170.702
6- 11	4.57125	170.702
6- 12	-121.504	170.702
6- 13	27.9588	170.702
7- 8	-113.689	170.702
7- 9	-206.811	170.702
7- 10	-37.3438	170.702
7- 11	-96.4713	170.702*

7- 12	-222.546	170.702
7- 13	-141.648	170.702
8- 9	-234.770	170.702*
8- 10	-65.3025	170.702
8- 11	-124.430	170.702*
8- 12	-250.505	170.702
8- 13	-93.1225	170.702
9- 10	76.3450	170.702*
9- 11	17.2175	170.702
9- 12	-108.857	170.702
9- 13	169.467	170.702
10- 11	110.340	170.702
10- 12	-15.7350	170.702
10- 13	-59.1275	170.702
11- 12	-185.202	170.702
11- 13	-126.075	170.702*
12- 13	-135.654	170.702

ANEXO J. EFECTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS SOBRE LA PRODUCCION.

ANOVA

ORIGEN DE LA VARIACION	S. C.	d. f.	C. M.	F. T.	P VALOR
ENTRE GRUPOS	53.00	1	35.007	77.7	0.00**
DENTRO DE LOS GRUPOS	58.05	82	0.707		
TOTAL (CORREGIDO)	113.05	83			

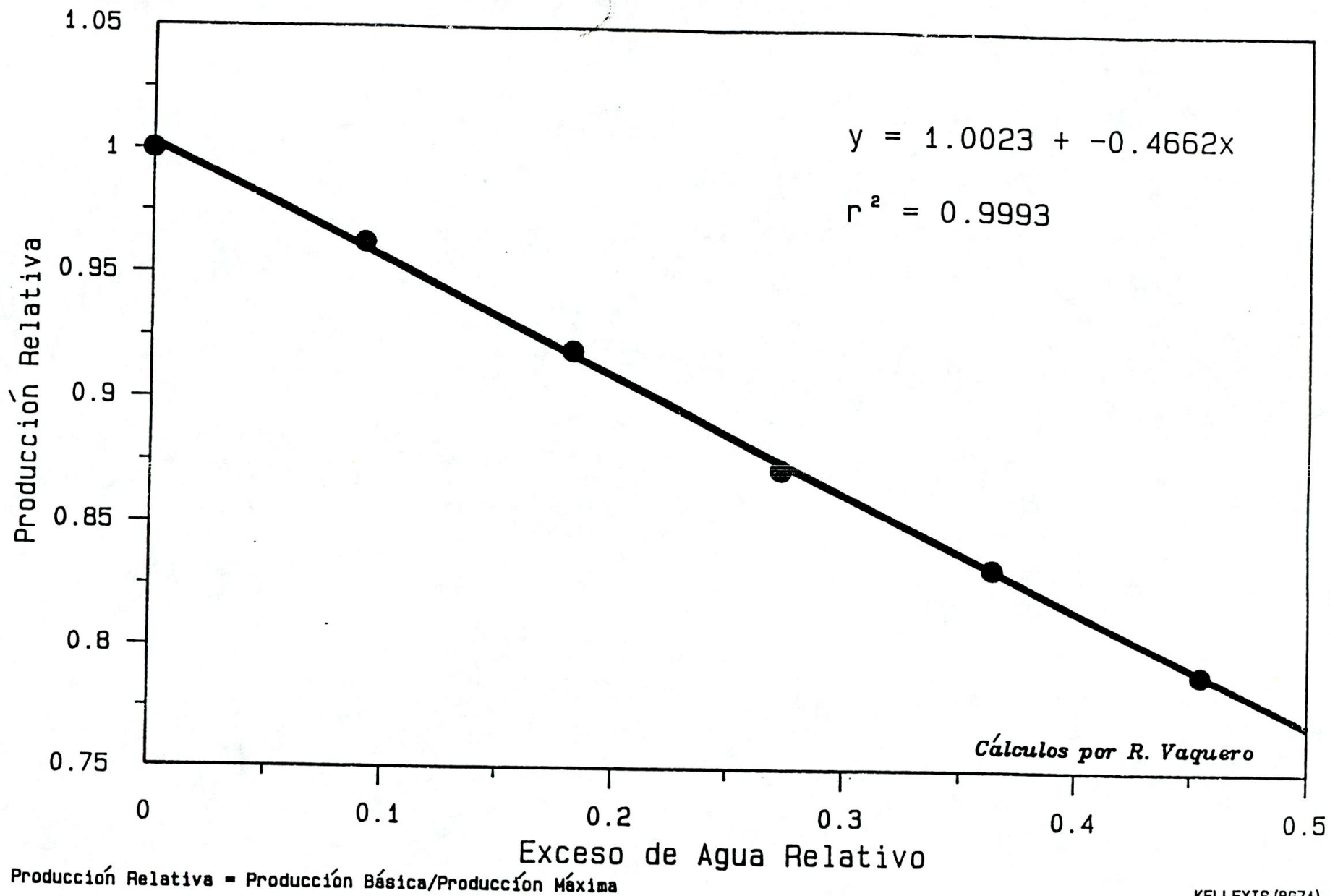
ANEXO K. VARIACION DE LA PRODUCCION POR EPOCAS.

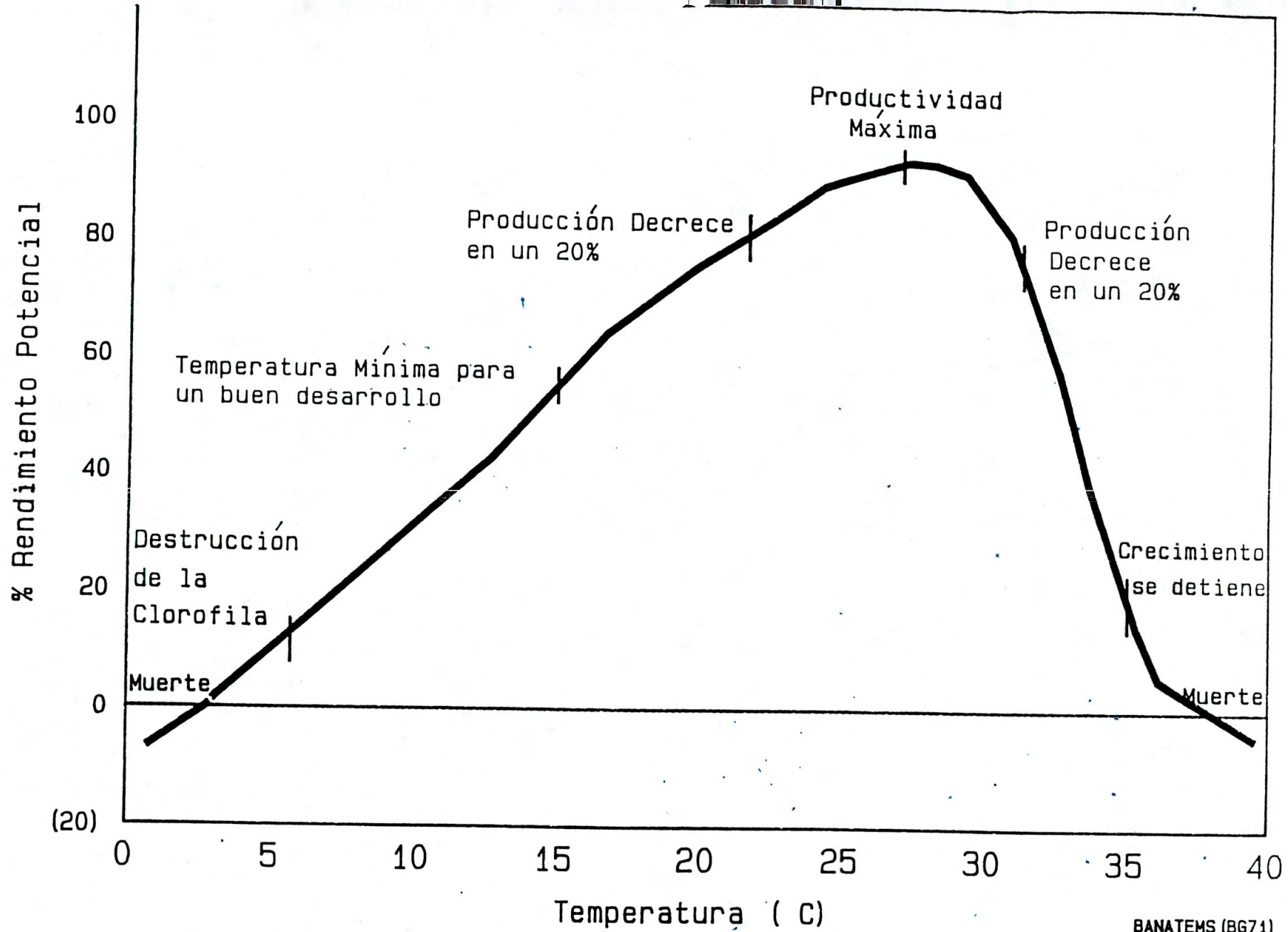
NIVELES	MEDICIONES	PROMEDIO	STND. ERROR	STND ERROR	95 % CONFIANZA MEDIA	
			(INTERNO)	(REUNIDO)	GRUPAL	
1	44	1001.47	52.502	28.519	950.12	1064.22
2	44	927.89	23.216	27.191	873.79	982.00
3	44	865.2743	55.680103	26.680103	860.23346	870.29511
TOTAL	132	938.5494	19.680	19.680	864.63346	1004.95

ANEXO L. EFECTO DE LAS TRES EPOCAS DEL AÑO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS FACTORES CLIMATICOS
Y LA PRODUCCION.

NIVELES	MEDICIONES	PROMEDIO	GRUPOS HOMOGENEOS	
3	44	865.274	X	
2	44	927.8986	X	
1	44	1007.4753	X	
CONTRASTE			DIFERENCIA	+/- LIMITES
1 - 2			79.57	78.40*
2 - 3			80.5066	79.4666

* Denota una diferencia significativa.





ANEXO O. Escala adaptada de Beaufort de velocidad del viento (Tomado FAO, manual riego t drenaje No. 24)

GRADOS BEAFORT	NOMENCLATURA	EFFECTOS EN TIERRA	VELOCIDAD EN KM/DÍA
0	Calma	El humo sube verticalmente	0,0 – 0,7
1	Ventolina	El humo se inclina	1,1 – 5,4
2	Flojito	Se nota el viento en la cara	5,8 – 11,9
3	Flojo	Se mueven las ramas de los arboles	12,2 – 19,4
4	Bonancible	Se levantan polvo y hojas	19,8 – 28,4
5	Fresquito	Se mueven las ramas pequeñas de los arboles	28,8 – 38,5
6	Fresco	Movimiento de las ramas grandes. Silbido	38,9 – 49,7
7	Frescachón	Dificultad al andar de un peatón. Agita los arboles	50,0 – 61,6
8	Duro	Desgarramiento de ramas	61,9 – 74,5
9	Muy duro	Daños estructurales en chimeneas y tejados	74,9 – 87,8
10	Temporal	Arrancan arboles enteros. Graves daños estructurales	88,2 – 102,2
11	Borrasca	Extensas devastaciones	102,2 – 117,4
12	Huracán	Efectos catastróficos	> 117,7

ANEXO P. Valores de la radiación al tope de la atmósfera en mm de agua por mm de agua por día (hemisferio Norte) calor latente de evaporación (Tomado de FAO). Manual de riego y drenaje)

Lat. Norte	MS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
0°	10	14.41-14.58-14.75 14.58	14.92-15.08-15.17 15.05	15.25-15.17-15.04 15.17	14.92-14.75-14.58 14.75	14.24-13.98-13.73 13.98	13.56-13.47-13.39 13.47
1°	Días	14.23-14.41-14.58 14.41	14.78-14.97-15.08 14.93	15.19-15.14-15.04 15.14	14.94-14.80-14.64 14.78	14.33-14.09-13.86 14.08	13.69-14.61-13.53 14.61
2°	Mes	14.05-14.24-14.42 14.24	14.64-14.85-14.98 14.81	15.17-15.10-15.08 15.10	14.97-14.85-14.69 14.83	14.42-14.20-13.98 14.20	13.83-14.75-13.66 14.75
3°		13.87-14.07-14.26 14.07	14.51-14.73-14.69 14.49	15.04-15.07-15.08 15.07	14.99-14.90-14.75 14.88	14.52-14.99-14.11 14.30	13.97-14.88-13.80 14.88
4°		13.69-13.90-14.10 13.90	14.37-14.61-14.83 14.58	14.98-15.03-15.08 15.03	5.02-14.95-14.81 14.93	14.61-14.42-14.24 14.42	14.10-14.02-13.93 14.02
5°		13.52-13.73-13.94 13.73	14.24-14.49-14.70 14.46	14.92-15.00-15.08 15.00	15.04-15.00-14.87 14.97	14.70-14.53-14.36 14.53	14.24-14.15-14.07 14.15
6°		13.34-13.56-13.78 13.56	14.10-14.37-14.61 14.34	14.85-14.97-15.08 14.97	15.07-15.05-14.93 15.02	14.80-14.64-14.49 14.64	14.37-14.29-14.20 14.29
7°		13.16-13.39-13.62 13.39	13.97-14.25-14.52 14.22	14.78-14.93-15.08 14.93	15.09-15.10-14.99 15.07	14.89-14.75-14.62 14.75	14.51-14.42-14.34 14.42
8°		12.98-13.22-13.40 13.22	13.83-14.13-14.47 14.10	14.71-14.90-15.08 14.90	15.12-15.15-15.05 15.10	14.98-14.86-14.75 14.86	14.67-14.56-14.47 14.56
9°		12.81-13.05-13.30 13.05	13.59-14.02-14.33 14.00	14.64-14.86-15.08 14.86	15.14-15.20-15.11 15.15	15.08-14.97-14.02 14.97	14.78-14.59-14.61 14.69
10°		12.63-12.88-13.14 12.88	13.56-13.90-14.24 13.88	15.58-14.83-15.08 14.83	15.17-15.25-15.17 15.20	15.17-15.08-15.00 15.08	14.92-14.83-14.75 14.83
11°		12.41-12.67-12.95 12.68	13.38-13.75-14.11 13.71	14.47-14.75-15.02 14.75	15.14-15.25-15.19 15.19	15.21-15.15-15.08 15.15	15.01-14.93-14.86 14.93
12°		-12.19-17.46-12.76 12.47	13.20-13.59-13.98 13.56	14.36-14.66-14.95 14.66	15.10-15.23-15.22 15.19	15.25-15.22-15.17 15.22	15.10-15.03-14.97 15.03
13°		11.97-12.25-12.58 12.27	13.03-13.44-13.86 13.41	14.25-14.50-14.88 14.58	15.07-15.23-15.25 15.19	15.30-15.29-15.25 15.27	15.19-15.14-15.07 15.14

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
13.47-13.56-13.81 13.63	14.07-14.31-14.49 14.29	15.08-14.92-14.49 14.88	15.08-15.08-15.00 15.05	14.75-14.58-14.45 14.62	14.41-14.32-14.32 14.36
13.62-13.69-13.92 13.75	14.16-14.38-14.55 14.37	14.78-14.92-14.97 14.90	15.03-15.00-14.89 14.97	14.63-14.41-14.33 14.46	14.23-14.14-14.14 14.17
13.75-13.83-14.03 13.88	14.25-14.46-14.61 14.54	14.81-14.92-14.95 14.90	14.97-14.92-14.78 14.88	14.51-14.29-14.17 14.32	14.05-13.95-13.95 13.98
13.88-13.97-14.14 14.00	14.35-14.54-14.67 14.52	14.85-14.92-14.92 14.90	14.91-14.83-14.67 14.80	14.39-14.14-14.02 14.19	13.87-13.76-13.76 13.89
14.06-14.19-14.25 14.14	14.44-14.61-14.73 14.59	14.88-14.92-14.90 14.90	14.85-14.75-14.56 14.71	14.27-14.00-13.85 14.03	13.69-13.58-13.58 13.52
14.15-14.24-14.36 14.25	14.53-14.69-14.79 14.58	14.92-14.92-14.87 14.90	14.79-14.66-14.45 14.63	14-13.86-13.69 13.90	13.52-13.39-13.39 13.47
14.25-14.37-14.47 14.39	14.63-14.77-14.85 14.75	14.95-14.92-14.85 14.90	14.73-14.58-14.34 14.54	14.01-13.71-13.52 13.76	13.34-13.20-13.70 13.25
14.42-14.51-14.58 14.51	14.72-14.85-14.91 14.83	14.98-14.92-14.82 14.52	14.57-14.49-14.23 14.46	13.92-13.57-13.36 13.61	13.16-13.02-13.02 13.07
14.56-14.64-14.69 14.63	14.81-14.93-14.97 14.90	15.02-14.92-14.80 14.92	14.61-14.41-14.52 14.37	13.80-13.47-13.20 13.47	13.15-12.83-12.83 12.93
14.69-14.78-14.81 14.76	14.91-15.01-15.03 14.37	15.05-14.97-14.77 14.92	14.55-14.32-14.01 14.29	13.68-13.28-13.04 13.34	12.81-12.54-12.64 12.69
14.83-14.91-14.91 14.88	15.00-15.08-15.08 15.25	15.08-14.92-14.75 14.92	14.49-14.24-13.90 14.20	13.56-13.14-12.89 13.19	12.63-12.46-12.46 12.51
15.06-15.17-14.99 14.98	15.06-14.35-15.03 15.08	15.06-14.92-14.78 14.88	14.33-14.10-13.74 14.07	13.38-12.95-12.68 23.00	12.42-12.25-12.25 12.31
15.03-05.08-15.07 15.07	15.12-15.15-15.10 15.12	15.03-14.93-14.61 14.86	14.29-13.97-13.58 13.93	13.20-12.76-12.47 12.81	12.22-12.03-12.03 12.30
15.14-15.17-15.14 15.15	15.18-15.17-15.11 15.15	15.00-14.94-14.57 14.83	14.19-13.83-13.42 13.80	13.03-13.58-12.27 12.63	12.03-11.82-11.82 11.98

